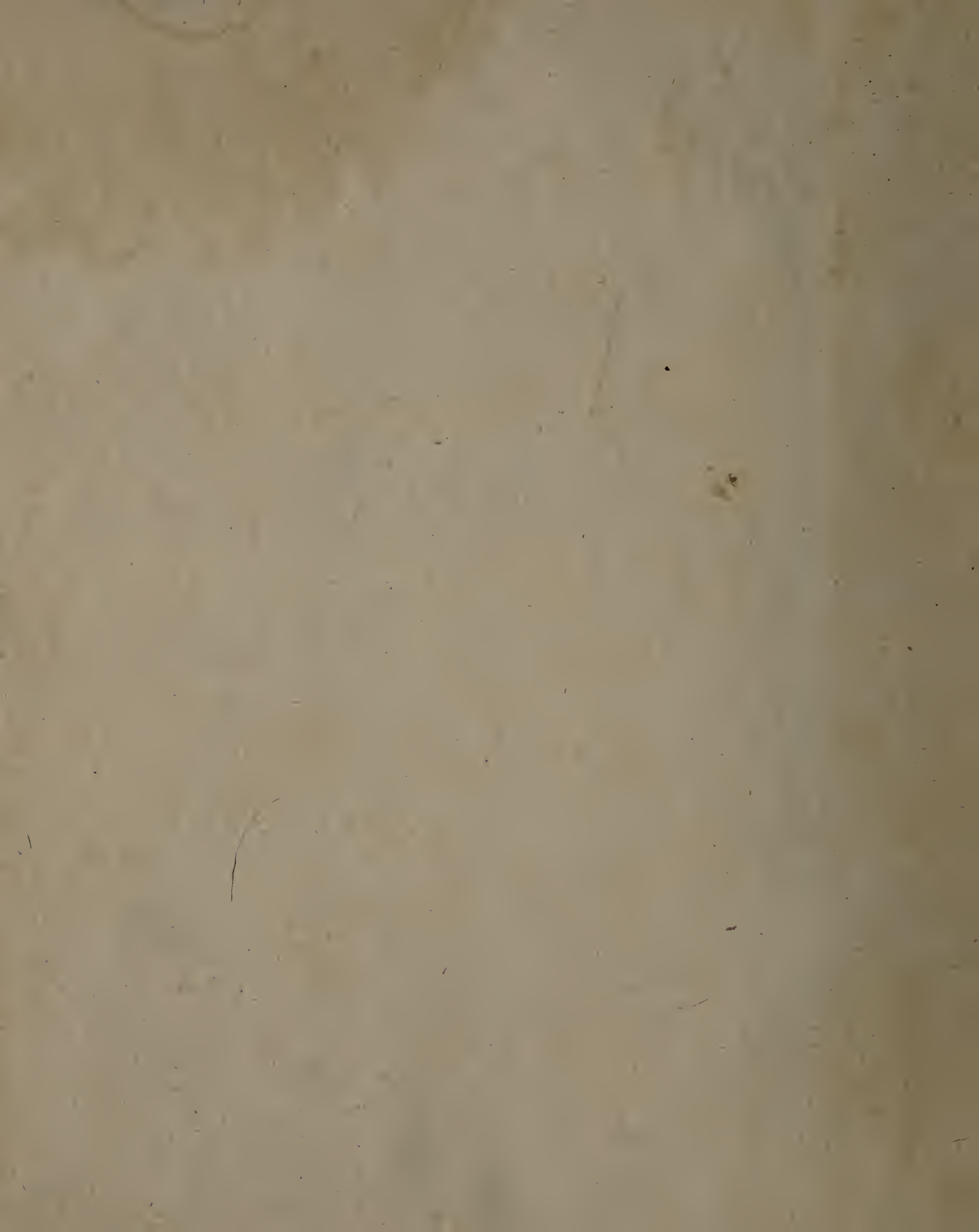
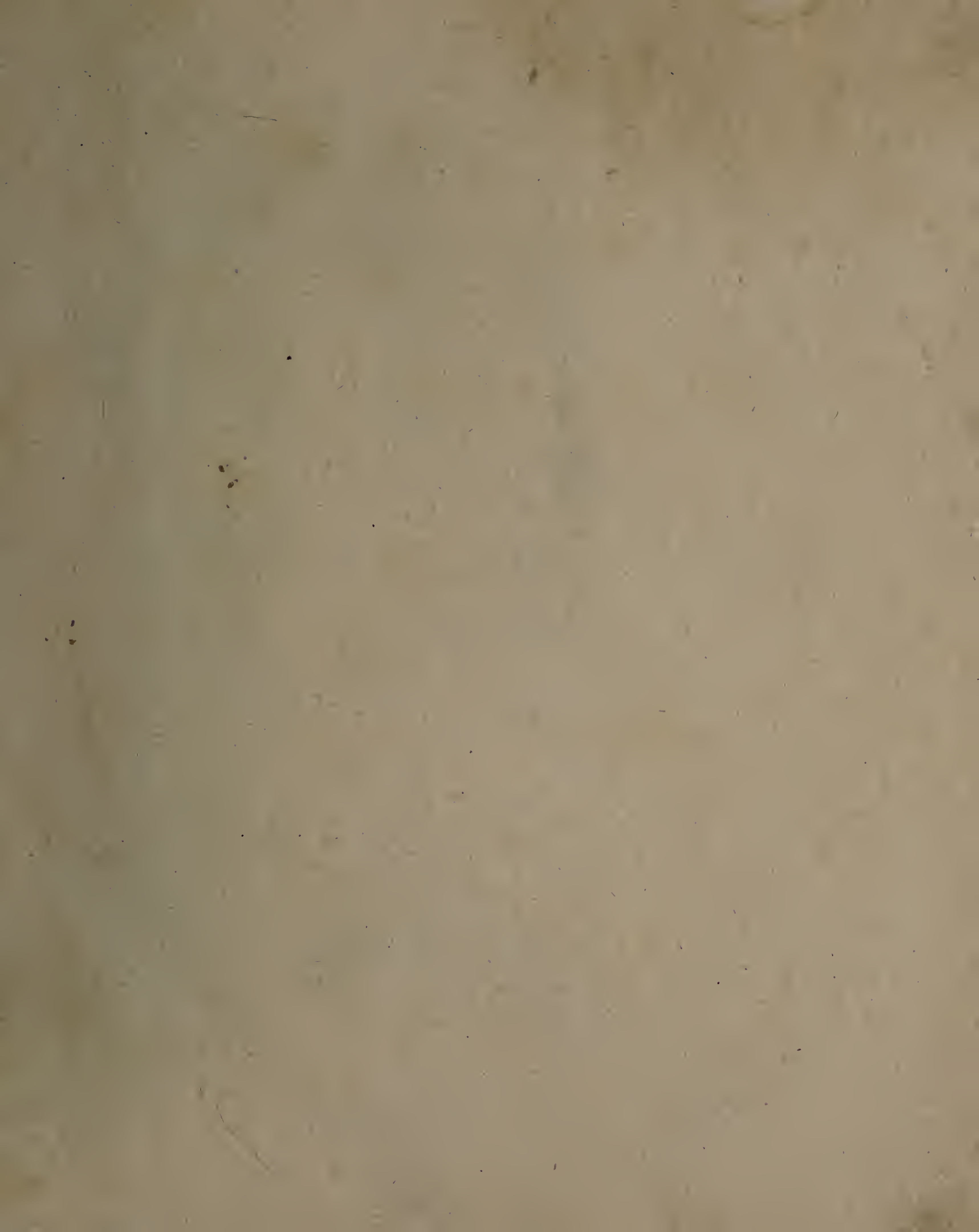


Published 1775-76

This copy lacks a1 (t.p. to pt i, 1775)
also blank leaf (I i 4) at end of pt i
and leaf of instructions to binder
conjugate to main t.p.





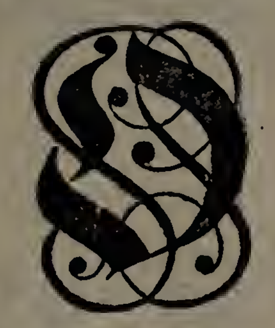


Dr. Joseph Priestleys

Mitgliedes der Königl. Großbrittanischen Gesellschaft der Wissenschaften

Geschichte

und gegenwärtiger Zustand

der ptik,

vorzüglich

in Absicht auf den physikalischen Theil

dieser Wissenschaft.

Aus dem Englischen übersetzet

und mit Anmerkungen und Zusätzen begleitet

von

Georg Simon Klügel

Professor der Mathematik zu Helmstädt, Correspondenten der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, und Mitgliede einiger anderer gelehrter Gesellschaften.

Zween Theile.

Mit Kupfern.

Leipzig

bey Johann Friedrich Junius. 1776.



Vorrede des Uebersetzers.

Es ist wohl kein Theil der Physik oder Mathematik, der einer so unterhaltenden Ausführung fähig wäre, als die Optik, und dieses nicht allein wegen ihres Gegenstandes, des Wichtigsten und Erfreulichsten in der Natur, dessen Wirkungen durch ihr Wunderbares unsere Aufmerksamkeit so sehr auf sich ziehen; sondern noch mehr wegen der Mannichfaltigkeit und Abwechslung der Materien, die zu dieser Wissenschaft gehören. Man wird in der Optik (ich nehme sie im weitesten Verstande, wie sie in der gegenwärtigen Geschichte genommen wird) nicht immer mit trockenen Rechnungen ermüdet. Sie wechseln mit mancherley physikalischen Untersuchungen von den Erscheinungen des Lichtes ab, die, wenn sie vielleicht auch alle nur bildliche Erdichtungen sind, unsere Wißbegierde doch einigermaaßen zufrieden stellen. Die Beschreibung so vieler Werkzeuge, die sowohl zu wichtigen Entdeckun-

deckungen in der Natur, als zur Belustigung dienen, machet uns einen noch angenehmern Begriff von den Kräften des menschlichen Witzes, als jene physikalische Hypothesen. Die kleinen Ausschweifungen, welche man von Zeit zu Zeit in das Gebieth der Anatomie, Physiologie, Chymie und Philosophie zu thun, Gelegenheit hat, verschaffen eine angenehme Zerstreuung; und die gute nachbarliche Freundschaft, welche die Optik mit diesen Wissenschaften unterhält, muß sie den Liebhabern derselben vorzüglich angenehm machen.

Eine Geschichte der Entdeckungen in diesem Theile unserer Kenntnisse kann daher nicht anders als sehr unterhaltend seyn, wenn sie nur gut ausgeführet ist. Ich glaube, daß man diesen Ruhm der Geschichte, die ich zu übersetzen unternommen habe, nicht wird versagen können, wenn auch in einzelnen Stellen noch was zu erinnern seyn sollte. Sie ist 1772 zu London in zween Quartbänden, zusammen 812 S. ohne Vorrede und Register stark, unter dem Titel: The hiſtory and preſent ſtate of diſcoveries relating to viſion, light and colours, by Ioſeph Prieſtley, L. L. D. F. R. S. mit 24 Kupferplatten herausgekommen, und ist eigentlich ein Theil eines größern Werkes, dessen sich der Verfasser unterzogen hatte, nämlich der Geschichte der ganzen Physik, die er mit der wohl aufgenommenen, und sowohl ins Deutsche als Französische übersetzten, Geschichte der Elektricität anfieng. Er hat aber, wie er mir geschrieben, diese Unternehmung fast aufgegeben.

Man muß in dieser Geschichte nicht sowohl eine bloß literarische Ausführung, als vielmehr eine dogmatische Abhandlung der Optik in chronologischer Folge der Sätze erwarten. Sie wird daher denjenigen, die sich mit den optischen Wissenschaften

bekannt

bekannt machen wollen, vortreffliche Dienste thun, besonders wenn sie zu der Lesung dieses Buches eine kleine systematische Kenntniß der Optik mitbringen. Unser Verfasser nimmt die meiste Rücksicht auf das Physikalische der Optik, wiewohl er das Mathematische nicht gänzlich bey Seite setzet. Dieses habe ich, so gut es sich thun lassen wollte, ergänzet und berichtiget.

Man erlaube mir, daß ich noch etwas von demjenigen rede, was ich bey dieser Uebersetzung zu leisten gesuchet habe. Ueberhaupt habe ich mich der Treue beflissen, wiewohl ich mir doch einige Abkürzungen und Veränderungen erlaubet habe, wo ich es völlig verantworten zu können glaubete. Ich hatte hier nicht sowohl des Verfassers eigene Gedanken, als seine Auszüge aus andern Schriftstellern, zu übersetzen. Wo ich diese vor mir liegen hatte, und ich eine Verbesserung für nöthig erachtete, da habe ich sie manchmal in dem Texte selbst angebracht, um eine Anmerkung zu ersparen. Oft habe ich dies, wenn es Kleinigkeiten waren, gethan, ohne es zu melden. Man wird auch einige mit einem Sternchen bezeichnete Absätze antreffen, die mathematische Erläuterungen enthalten, welche ich abzuändern für gut befand. Zweymal habe ich ein ganzes Kapitel umgeschmolzen, wiewohl bey der sehr kurzen Geschichte der Perspective, die ich mit der vortrefflichen Geschichte dieser Wissenschaft, welche uns Herr Lambert in dem 2 Theile seiner freyen Perspectiv geliefert, vertauschet habe. Der Raub ist etwas arg; ich gestehe es. Aber der Vortrag meines Verfassers war gar zu kurz, als daß ich bloß Ergänzungen vom Hrn. Lambert hätte borgen können; und ich war zu arm an Hülfsmitteln in diesem Fache, als daß ich selbst etwas Aehnliches liefern konnte, welches ohnedem in einer vom Hrn. Lambert bearbeiteten Materie

so leicht nicht angeht. Ein andermal habe ich Cartesens Theorie des Regenbogens nach ihm selbst vorgetragen, mit gutem Rechte, wie ich hoffe. — Die Quellen, woraus unser Verfasser geschöpfet, habe ich sorgfältig nachgesehen, wenn ich sie zur Hand hatte, und die meisten und wichtigsten habe ich gehabt. Hiebey habe ich dasjenige zu berichtigen gesuchet, was unsers Verfassers Aufmerksamkeit entwischet war — Die meisten Berichtigungen betreffen das Mathematische, was in dem Werke vorkömmt. Dieses benimmt aber den Verdiensten des gelehrten Verfassers, der sich sowohl in dem theologischen als physikalischen Fache auf mancherley Art hervorgethan hat, gar nichts. — Die Figuren des Originales habe ich bey diesem ersten Theile beträchtlich vermindert, um das Buch dem deutschen Leser wohlfeiler zu machen. Ich hoffe, er werde nichts dabey verlieren, weil die weggelassenen Figuren zum Theil wirklich überflüßig sind, zum Theil zu Stellen gehören, die entweder verkürzet und weggelassen sind, oder auch ohne sie völlig verständlich bleiben. Die Figuren der beyden ersten Platten sind durch einen Mißverstand so weitläuftig aus einander gesetzet.

Ich werde mich freuen, wenn sowohl das Werk selbst, als meine gehabte Arbeit Beyfall findet, und mich bemühen, von den Erinnerungen, die gegen diesen Theil sollten gemachet werden, bey der Ausarbeitung des zweyten, welcher bald nachfolgen wird, den möglichsten Gebrauch zu machen. Helmstädt, den 11 April 1775.



Vorrede
des Verfassers.

Den Wachsthum aller Gattungen nützlicher Kenntnisse zu befördern, scheint zweyerley erfordert zu werden: sowohl eine historische Beschreibung ihres Ursprunges, Fortganges und gegenwärtigen Zustandes, als auch eine bequeme Art, alle neue Entdeckungen bekannt zu machen und auszubreiten. Ohne das erste, wird einer, der noch so geschickt ist, die Gränzen der Wissenschaften zu erweitern, mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Weil er die vor ihm gemachten Entdeckungen nicht kennt, wird er immer in Gefahr seyn, umsonst gearbeitet zu haben, und zum größten Verdrusse seine Erfindungen von andern vorweggenommen finden. Auch in andern Absichten wird der Fortgang der Naturkunde aus diesem Grunde aufgehalten; daß also, nach dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse, solche historische Beschreibungen gewissermaßen unumgänglich nöthig sind.

Wenn man bedenket, wie wenige eine Wissenschaft, welche man will, in ihrem jetzigen Umfange übersehen, oder sich in den günstigen Umständen dazu befinden, und wie viel Zeit und Mühe alsdenn noch erfordert wird, so weit zu kommen: so wird man gerne zugeben, daß durch dergleichen historische Werke, wofern sie mit guter Beurtheilungskraft ausgearbeitet sind, die Anzahl nützlicher Entdeckungen sehr vermehret; und daß, wenn diese auf eine leichte und geschwinde Art in Umlauf gebracht würden, das Wachsthum der Wissenschaften weit mehr, als man es sich noch jetzt vorstellen kann, beschleuniget werden müßte.

In

In unsern Zeiten sind die physikalischen Kenntnisse in mancherley Sprachen und Büchern so zerstreuet, daß bloß das Nothwendige zu lesen, so viel Zeit und Aufmerksamkeit erfodert wird, als selbst der eifrigste Liebhaber der Naturkunde nicht daran zu wenden Lust haben möchte, er müßte denn die Absicht haben, die gesammleten Materialien in eine historische und systematische Ordnung zu anderer oder seinem eigenen Gebrauche zu bringen. Des Aufwandes zum Ankaufe der nöthigen Bücher will ich nicht einmal gedenken, der deswegen schon beträchtlich ist, weil man zu solchen Absichten die periodischen Schriften aller berühmtesten naturforschenden Gesellschaften in Europa besitzen muß.

Voll von dem Gedanken, wie nützlich eine umständliche Geschichte eines jeden Theiles der versuchenden Naturlehre seyn würde, je mehr ich aus eigener Erfahrung, seitdem ich mich mit dieser Wissenschaft beschäfftiget, den Mangel derselben gefühlet hatte, machete ich einen Versuch dieser Art mit der Elektricität, als mit der ich mich damals besonders beschäfftigte; und ob ich gleich bey dem Anfange der Arbeit mit mancherley Schwierigkeiten, besonders wegen des Mangels eines hinlänglichen Vorrathes an Materialien, zu kämpfen hatte: so hatte ich doch wiederum so manche andere Vortheile, besonders wegen meiner genauen Bekanntschaft mit solchen Personen, die sich durch ihre Verdienste um diese Gattung unserer Kenntnisse besonders hervorgethan haben, daß meine Arbeit, wie ich hoffe, bey verständigen und wohlgesinneten Lesern einigen Beyfall gefunden hat. Dieses Glück munterte mich auf, meinen ersten Entwurf weiter auszudehnen, und die Geschichte aller übrigen Theile der versuchenden Naturlehre zu unternehmen.

Aus der Vorrede zu der ersten Ausgabe der Geschichte der Elektricität wird man sehen, daß ich damals glaubete, eine solche allgemeine Geschichte wäre ein zu großes Werk für einen einzigen Mann. Nun ich aber mehr damit bekannt geworden, betrachte ich es nicht allein ohne Grauen, sondern sogar mit Vergnügen, und sehe es nicht allein als ein mögliches, sondern auch als ein sehr angenehm unterhaltendes Unternehmen an. Ich bin überzeuget, daß noch weit schwerere Werke von einzelnen Personen ausgeführet sind, die mäßige Talente, aber großen Fleiß, besaßen, und die nicht mehr Eifer und Neigung zu ihrem Unternehmen hatten, als ich zu dem meinigen habe. Ein großer Grad von begeisterter Hitze tauget hier nichts. Diese ist gut, ein einfaches Werk, das eine große

Anstrengung erfordert, durchzusetzen; hier aber kömmt es auf einen kaltblütigen und anhaltenden Fleiß an.

Einen solchen Fleiß wird aber ein bloßer Literator und Geschichtschreiber schwerlich in Munterkeit erhalten können. Hiezu ist gewissermaßen nothwendig, daß einer so viel Geschmack an der versuchenden Naturlehre finde, daß er in die von ihm zu beschreibenden Untersuchungen selbst hineingehe. So wird er sie viel besser verstehen, und bey einem Werke dieser Art eben die Ueberlegenheit haben, welche man einem Xenophon, Cäsar, und andern Kriegeshelden, in Beschreibung der Schlachten zugesteht, und die sich an großen, in Regierungsgeschäfften wohl geübten, Staatsmännern zeiget, wenn sie die allgemeine Geschichte schreiben. Uebrigens brauche ich wohl nicht zu bemerken, daß ein bloßer Naturkündiger zu diesem Unternehmen so wenig geschickt ist, als ein bloßer Literator. Ein so weitläuftiges Werk, wie dieses, glücklich auszuführen, muß einer eine solche Geschicklichkeit in der Auswahl, Abkürzung und Anordnung der ihm vorkommenden Materialien, und eine solche Leichtigkeit bey der Ausarbeitung besitzen, die, wie andere Künste und Fertigkeiten, nicht anders als durch lange Uebung erhalten werden.

Das Vergnügen von dieser Unternehmung ist nicht so groß, daß es nicht von der Aufnahme meiner Arbeit abhängen sollte, ob ich sie fortsetzen werde, oder nicht. Werden mich diejenigen, deren Urtheil ich hochschätze, mit ihrem Beyfalle beehren, und wird der Verkauf dieses Werkes mir die großen Kosten vergüten, welche ich deswegen habe aufwenden müssen, so werde ich mit Vergnügen fortfahren; wo aber nicht, so werde ich aufhören, zufrieden, daß ich mich andern Beschäfftigungen, die mir nicht weniger angenehm sind, widmen kann. Das Urtheil derer, die ich wegen der niedrigen Beweggründe, wovon sie sich bey ihren Beurtheilungen regieren lassen, verachte, wird gar keinen Eindruck auf mich machen. Man müßte wenig Erfahrung im Leben, und wenig Stärke des Geistes sich erworben haben, wenn man sich von einer Unternehmung, die man dem menschlichen Geschlechte für nützlich und wichtig hält, durch eine nichtsbedeutende, ungerechte oder unverständige Kritik wollte abbringen lassen. Freylich kann ein so weitläuftiges Werk, wie dieses, wenn auch noch so viele, noch so geschickte und in aller Absicht noch so gut dazu ausgesuchte Personen sich zur Ausführung desselben vereinigten, von allen Unvollkommenheiten

 und

und Fehlern nicht ganz frey bleiben, geschweige denn bey einem einzigen Verfasser; allein dafür wird die Gleichförmigkeit, und andere Vortheile, welche die Ausarbeitung von einer einzigen Hand gewähret, hoffentlich eine hinlängliche Vergütung machen.

Einige werden vielleicht glauben, daß derjenige, der dieses Werk in seinem ganzen Umfange auszuführen gedächte, besser würde gethan haben, nicht mehr als einen einzigen Theil einer Wissenschaft vorzunehmen, und sich an keinen andern zu machen, ehe der erstere geendiget wäre. Allein außerdem daß die Unkosten zur völligen Ausarbeitung eines Stückes der Arbeit nicht viel geringer sind, als die zum Ganzen erforderlichen: so giebt es noch zween andere Hauptvortheile dabey, wenn man das Ganze zugleich nach allen seinen Stücken vornimmt. Denn auf solche Art darf der Verfasser jede Schrift, die er brauchet, nicht mehr als einmal durch die Hand gehen lassen, um alle die darinne enthaltene Materien unter ihre Rubriken zu bringen; und dabey kann ihm, weil er sein ganzes Werk vor Augen hat, nichts zu seinem Zwecke gehöriges so leicht entwischen. Nach der andern Art müßte er aber einen großen Haufen Bücher mehrmals durchlaufen, und dabey würden, weil er nur einen Gegenstand immer vor Augen hätte, manche Artikel, die an Stellen, wo er sie nicht suchete, verstecket lägen, seiner Aufmerksamkeit entwischen. Denn einer mag so vorsichtig seyn, als er will, so muß er doch denken, daß er etwas übersehen wird, wenn er auch alle benöthigten Bücher zur Hand haben sollte; oder er müßte das ganze Werk erst ausarbeiten, ehe er einen Theil der Presse überlieferte: eine viel zu mißliche Sache, als daß man sie sich einfallen lassen könnte. Die Ursache ist, daß man aus den Titeln der Bücher und Aufsätze ihren Inhalt nicht zuverläßig kennen lernet, weil die vorgetragenen Sachen oft sehr vermischet oder übel geordnet sind; liest man aber einen Schriftsteller ganz durch, so machet es nicht viel mehr Mühe, alles auszuziehen, was man zu seinem Werke brauchet.

Der Leser wird nicht glauben müssen, daß dieses Werk, ob es gleich nur von einem Verfasser herrühret, doch nichts als desselben eigene Bemerkungen enthalte, woraus man einen für die Ausführung nachtheiligen Schluß ziehen möchte. Ich bin nicht so stolz zu glauben, daß ich die Naturkunde in jedem ihrer Theile vollkommen inne hätte. Niemand wird sich dieses rühmen können. Aber ich bin so glücklich, Freunde zu haben,

die

die in jedem einzelnen Theile für Meister erkannt werden, deren Einsichten ich vor dem Abdrucke jedes Theiles meines Werkes zu Rathe ziehen werde. Keiner derselben wird sagen, daß ich nicht sehr dankbar für den mir geleisteten Beystand, und sehr bereitwillig, die bemerkten Fehler zu verbessern, sey. Was insbesondere die gegenwärtige Geschichte betrifft, so wird der Leser leicht bemerken, daß sowohl er als ich dem Wohlehrw. Hrn. Michell, meinem Freunde und Nachbar, große Verbindlichkeit für viele ihm zugehörige mir mitgetheilete Anmerkungen schuldig sind. Ich bin ihm noch mehrerers schuldig, als man es überhaupt dem Buche ansehen wird, und wünschete, daß ich nicht bisweilen genöthiget gewesen wäre, einige Stücke meines Buches abdrucken zu lassen, ohne ihn oder sonst jemand darüber zu Rathe ziehen zu können; daß also die etwa begangenen Fehler ganz allein auf meine Rechnung zu setzen sind.

Da ich wohl einsahe, wie unzulänglich die Hülfsmittel, welche ein einzelner Mann haben kann, zu einem so weitläuftigen Werke seyn müssen, so bedienete ich mich aller möglichen Vorsicht, diesem Mangel abzuhelfen. Ich hieng also der gedruckten Nachricht von dem herauszugebenden Werke ein Verzeichniß von Büchern an, sowohl derer, welche ich zusammengebracht hatte, als auch derer, die mir noch zu meiner Arbeit fehleten. Dieses hatte die erwünschte Wirkung, und darauf wandte ich mich noch einmal an das Publikum mit neuen und größern Verzeichnissen. Hinführo wird es nicht weiter nöthig seyn, weil ich glaube, mit allen physikalischen Schriften, die mir zu meinem Zwecke brauchbar seyn können, versorget zu seyn.

Ich habe die **historische Methode** gewählet, weil sie mir vor jeder andern zu meinen Absichten aus mehrern Ursachen bequem schien; da sie vorzüglich geschickt ist, die Aufmerksamkeit zu erregen, und die Ausbreitung der Kenntnisse aufs leichteste, sicherste und angenehmste zu befördern. Außerdem hat ein Verfasser bey dem historischen Vortrage weit bessere Gelegenheit als bey dem systematischen, die Bemühungen der Naturforscher in ein solches Licht zu stellen, daß dadurch auf das Gemüth des Lesers der stärkste Eindruck gemachet, und er zur Nacheiferung gereizet werde. Denn gegen solche Vorstellungen ist das menschliche Gemüth nie gänzlich unempfindlich.

Man wird demungeachtet finden, daß meine Methode, wiewohl sie historisch ist, doch zugleich hinlänglich systematisch sey; und dieses ziemlich genau in den einzelnen Abschnitten der verschiedenen Perioden, worinn das Werk abgetheilet ist; dergestalt, daß man, wenn es beliebt, alle die Entdeckungen jeder einzelnen Abtheilung der Materien in ununterbrochener Folge nachlesen kann. Um desto systematischer, und Anfängern desto nützlicher zu seyn, habe ich das Verfahren der besten politischen Geschichtschreiber nachgeahmet, welche in manchen Stücken die Zeitordnung natürlichern und deswegen wichtigern Verbindungen aufopfern. Wenn also spätere Schriftsteller den Beobachtungen ihrer Vorgänger wenig hinzugefüget haben, so habe ich die ganze Materie in einer frühern Periode abgehandelt, und wenn die ältern Schriftsteller nur sehr wenig von einer Sache gesaget haben, so habe ich alles bis auf eine spätere Periode verspαret. Dieses Verfahren wird ohne Zweifel meinen Lesern angenehmer seyn, als wenn ich mich ängstlich an die Zeitfolge gehalten hätte.

Um meinem Werke so viel Leser als möglich zu verschaffen, werde ich mich bemühen, jede Materie, oder doch die wichtigsten, so deutlich zu machen, daß man sie mit weniger, oder allenfalls gar keiner, Kenntniß der Mathematik möge verstehen können, wenn man nur die nöthige Aufmerksamkeit darauf zu wenden belieben will. Auch werde ich jeden Umstand zu nutzen suchen, dadurch die Erzählung angenehm oder interessant gemachet werden kann, ohne doch meinen Hauptzweck aus den Augen zu verlieren: nämlich, in einem mäßigen Umfange, und nach einer leichten Lehrart, die Geschichte aller wirklichen Verbesserungen oder Entdeckungen in der Naturkunde vorzutragen, dergestalt, daß dadurch die Naturforscher unsers Zeitalters in den Stand gesetzet werden mögen, die Untersuchungen ihrer Vorgänger aufs vortheilhafteste wieder vorzunehmen und fortzusetzen.

Damit der Leser über jede Materie, wo es ihm beliebet, sich aus den Quellen umständlicher belehren könne, habe ich allemal die Stellen der Verfasser, welche ich gebrauchet, angeführet. Weder in dieser Geschichte, noch in der Geschichte der Elektricität wird man mir vorwerfen können, daß ich einen Schriftsteller angeführet hätte, den ich nicht wirklich zu Rathe gezogen habe. Fand ich eine historische Nachricht

richt von einer Entdeckung, die ich für zuverläßig zu halten Ursache hatte, so war es mir lieb, mich dieser Hülfe bedienen zu können; allein der Leser wird es auch allemal sehen können, wo ich dieses gethan habe. Hingegen in keiner Sache von Wichtigkeit habe ich mich mit Nachrichten aus der zwoten Hand begnüget, wenn es mir irgends möglich war, zu den Quellen zu kommen, und ich kann mir selbst das Zeugniß geben, daß ich keine Mühe gesparet habe, wo ich glaubete, daß sie den wahren Werth des Werkes zu erhöhen, etwas helfen könnte.

Bisweilen fand ich die historischen Nachrichten von Versuchen und Entdeckungen so umständlich und wohl aus einander gesetzet, daß ich, wenn ich in der Folge an die Quellen selbst kam, keine Ursache hatte, Veränderungen zu machen. In diesem Falle ließ ich gewöhnlich das erste Citatum stehen, weil es diejenige Nachricht anzeigete, welche ich wirklich abgeschrieben oder ausgezogen hatte; und fand ich noch etwas aus dem ursprünglichen Schriftsteller hinzuzufügen, so führete ich bisweilen beyde an. Ueberhaupt aber habe ich die historischen Nachrichten späterer Schriftsteller, selbst der berühmtesten, so gar mangelhaft und seichte gefunden, daß ich, wenn ich die Quellen selbst zu Rathe gezogen hatte, gezwungen war, meine ganze Erzählung auszustreichen.

Was die Figuren, besonders die zu den Anfangsgründen der abgehandelten Materien gehören, betrifft, so habe ich sie ohne Bedenken aus jedem Schriftsteller, wo ich sie am besten fand, genommen. Die meisten wird man beym Smith, Musschenbroeck und Rowning antreffen.

Wenn ich so glücklich bin, den Beyfall naturverständiger Leser für diesen Theil zu erhalten, so kann ich es wagen, weil ich in meinem bisherigen Fleiße nicht nachlassen werde, ihnen zu versprechen, daß sie mit den folgenden Theilen nicht weniger zufrieden seyn sollen. Denn ich bin fast gewiß, daß der Gegenstand dieses Theiles, aus manchen Ursachen, mit mehrern Schwierigkeiten verknüpfet ist, als bey irgend einem der noch rückständigen. Dabey glaube ich auch, daß er so beschaffen sey, daß die Geschichte desselben vermuthlich für alle Gattungen von Lesern so unterhaltend seyn wird, wie keines andern in dem ganzen Umfange der Naturlehre.

Dieser Theil meines Werkes enthält eine Menge der schönsten Stufenfortschreitungen in den Entdeckungen verschiedener Personen, ein Ge-

mälde der größesten und glücklichsten Thaten des menschlichen Geistes, und die Bemühungen der berühmtesten unter den Naturforschern. Die Erscheinungen in der Natur, welche durch diese Entdeckungen erkläret werden, sind uns beständig vor Augen, und müssen die Neugierde aller denkenden Köpfe erwecken; die Werkzeuge, deren Verfertigung durch sie veranlasset ward, werden täglich gebrauchet; und jeder Satz in der Optik läßt sich durch Zeichnungen aufs vollkommenste erläutern.

In der letzten meiner gedruckten Nachrichten von diesem Werke zeigete ich an, daß ich wahrscheinlich zunächst die Geschichte der **magnetischen** Entdeckungen vornehmen würde. Weil ich aber kürzlich mich auf eine Reihe von Versuchen, die **Luft** betreffend, besonders **in Absicht auf die Vegetation und Respiration**, eingelassen, und vor andern diejenigen Gattungen von Luft, welche schädlicher Natur sind, genauer untersuchet habe (dergleichen ist die gewöhnlich so genannte fixe Luft, die verschiedenen Arten brennbarer Luft, die von dem Athemholen der Thiere oder durch faulichte Körper verdorbene Luft u. dgl.); und da ich hierbey auf einige neue Bemerkungen gerathen bin, welche man, wie ich mir schmeichele, zum Theil für merkwürdig und erheblich halten wird: so denke ich nun zuerst mich an die **Geschichte der Entdeckungen die Luft betreffend**, zu machen. Doch werde ich die Ausarbeitung noch einige Zeit anstehen lassen, damit ich Gelegenheit haben möge, zu erfahren, ob es dem Publikum gefällig sey, daß ich fortfahre oder nicht.



Inhalt.

Inhalt.



Geschichte
und gegenwärtiger Zustand
der Optik,
vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft.

Erste Periode.
Bis zur Wiederherstellung der Wissenschaften in Europa.

Die Ereignisse beym Lichte und beym Sehen konnten bey der geringsten Aufmerksamkeit auf die Werke der Natur nicht vernachläßiget werden, besonders von solchen, die nur einigen Trieb hatten, den Ursachen und der Entstehungsart optischer Erscheinungen nachzuspüren. Allein man muß gestehen, daß die ersten Muthmaßungen hierüber nichts sonderliches hoffen ließen.

Gedanken der Alten vom Sehen.

Diejenigen, welche sich zuerst durch den Titel, Philosophen, auszeichneten, waren nicht einig, ob die Gegenstände durch etwas, das von ihnen ins Auge kömmt, oder

oder durch Ausflüsse aus dem Auge sichtbar werden. **Pythagoras** glaubte, daß von der Oberfläche der Gegenstände immerfort Theilchen sich absondern, und ins Auge kommen; **Empedokles** und **Plato** aber, daß ein Ausfluß vom Auge einem Ausflusse vom Gegenstande unterwegens begegne, und davon wieder zurück geworfen werde [a]). So sonderbar diese letztere Meynung auch ist, so möchte ich doch nicht mit Montücla [b]) sagen, es zeige eine geheime Neigung des menschlichen Verstandes zum Irrthume an, daß die erleuchtesten Männer dieses Zeitalters einen so ungegründeten Satz haben behaupten können.

Erste Beobachtungen über den Weg des Lichts.

Ob nun gleich die Platonischen Weltweisen von dem Gange der Sehestrahlen sehr irrige Begriffe hatten, so finde ich doch, daß ihnen zwo wichtige Beobachtungen über den Weg des Lichtes bekannt waren: erstlich, daß **es von jedem Gegenstande in gerader Linie fortgepflanzet wird**; zweytens, wenn es von der Oberfläche polirter Körper zurückprellt, daß **der Einfallswinkel dem Zurückstrahlungswinkel gleich ist.** Wer diese wichtigen Bemerkungen zuerst gemacht habe, ist nicht bekannt. So wichtig sie aber auch sind, (denn ein großer Theil des itzigen Lehrbegriffs der Optik beruhet darauf) so würde man doch vielleicht dem Erfinder, wenn er auch bekannt wäre, kein großes Verdienst daraus, wenigstens wegen des erstern Satzes, machen können. Denn die Sache fällt zu sehr in die Augen, und ist sehr leicht auszumachen. Licht und Schall unterscheiden sich hier augenscheinlich. Den Schall hören wir, es mag zwischen uns und dem Ursprunge des Schalles liegen, was da will, wenn nur die Luft einen freyen Zugang hat, so gekrümmt er auch seyn mag. Hingegen wird ein Gegenstand unsichtbar, sobald zwischen ihm und dem Auge ein undurchsichtiger Körper liegt.

Die Gleichheit des Einfalls- und Zurückstrahlungswinkels entdeckte man vielleicht durch Beobachtung der Sonnenstrahlen, wie sie von der Oberfläche des Wassers oder eines andern glatten Körpers zurück geworfen werden; oder etwa aus der Lage der Bilder, welche dergleichen Oberflächen dem Auge darstellen. Sobald man hierauf Acht gab, mußte man bemerken, daß, wenn der Strahl fast senkrecht auffiel, er auch eben so wieder zurückprellte; daß er aber schief zurückgieng, wenn er schief aufgefallen war. Machte man einige noch so rohe und unvollkommene Versuche, diese Winkel zu messen, so mußte man die Gleichheit beyder Winkel für bewiesen annehmen. Hierbey mußte man noch dieses anmerken, daß der einfallende und zurückgehende Strahl beyde in derselben auf die zurückwerfende Fläche senkrechten Ebene sind.

* Zur Erläuterung sey A B der Durchschnitt der Oberfläche vom Wasser, oder einem metallenen Spiegel, mit einer darauf stehenden senkrechten Ebene, welche die Fläche des Papiers seyn mag. In dieser Ebene falle der Stral C D auf die Oberfläche in D, und mache mit dem Perpendikel D E den Winkel C D E. Der

a) Saverien histoire p. 236. (oder aus den Quellen in den Zusätzen zu dieser Periode. K.)
b) Histoire des Mathématiques, Vol. I. p. 202.

Der Stral geht in derselben Ebene nach D E F zurück, dergestalt, daß der Winkel E D F gleich ist dem E D C. Der Winkel E D C heißt der **Einfallswinkel**, der ihm gleiche E D F der **Zurückstrahlungswinkel**, E D das **Einfallsloth**.

Unter den philosophischen Secten Griechenlands wird man sich umsonst nach Beobachtungen oder Entdeckungen von Wichtigkeit umsehen. Daher zweifele ich nicht, der Leser werde zufrieden seyn, wenn ich nur noch des Aristoteles Gedanken über diese Materie anführe. An Talenten und am Fleiße übertraf ihn vielleicht zu keiner Zeit jemand; unter den Alten wenigstens kam ihn keiner sowohl in der Naturgeschichte als Naturwissenschaft gleich.

Aristoteles optische Sätze.

Aristoteles behauptete gegen den Empedokles namentlich, und gegen einige andere, daß das Licht unkörperlich sey. Wenn es nicht eine bloße Qualität, sondern eine wirkliche Substanz wäre, so könnte, sagt er, die Bewegung desselben von Morgen gegen Abend nicht unmerklich seyn, wenn sie es auch in kleinen Weiten seyn sollte [c]). Bey der Untersuchung über die Ursache der Durchsichtigkeit bemerket er, daß diese eine Eigenschaft einiger Körper sey, welche zuerst nur eine innere Kraft ist, die durch das Hinzukommen des Lichts zu einer wirklichen gemacht wird. Daher erkläret er das Licht bloß mit Rücksicht auf diesen Umstand durch **die Wirkung** (Energie, ἐνέργεια) **eines durchsichtigen Körpers, in so ferne er durchsichtig ist** [d]).

Dieser Philosoph sah auch ein, daß die Ursache, warum es in allen Stellen, wohin die Sonne nicht scheint, nicht stockfinster ist, dem Lichte zuzuschreiben sey, welches die Atmosphäre zurück sendet [e]).

Die vornehmsten Erscheinungen an dem Regenbogen, an Höfen um die Sonne und den Mond, Nebensonnen, u. d. g. entwischten der Bemerkung der Alten nicht. Sie begriffen sie unter dem gemeinschaftlichen Namen, Meteore, Lufterscheinungen. Aristoteles bemerket, daß ein Hof ein völliger Kreis um die Sonne, den Mond, oder einen hellen Stern ist, der Regenbogen sey nie mehr als ein halber Kreis, und dieses nur beym Auf- oder Untergange der Sonne; je höher die Sonne am Himmel ist, desto kleiner sey der Kreisbogen, so daß im Sommer zu Mittage in Griechenland kein Regenbogen entstehen könne; dreyerley Farben zeigen sich deutlich daran; wenn zween Regenbögen erscheinen, habe der äußere ein matteres Licht [f]).

Vor dem Aristoteles glaubte man, daß der Mond keinen Regenbogen verursachen könne. Er erinnert, daß man sich hierüber nicht zu wundern habe, da ein Mondsregenbogen nur beym Vollmonde unter mehrern Umständen, die selten

 zusammen-

c) Dieses scheint mir unrecht gefaßt zu seyn. Der Beweis geht wider eine mir unverständliche Meynung des Empedokles. In dem übrigen scheint Herr Priestley mir Aristoteles Meynung auch nicht recht verstanden zu haben. Meine Erklärung der Aristotelischen Theorie vom Lichte kann der Leser, wenn ihm daran gelegen ist, in den Zusätzen zu dieser Periode finden. K.

d) de anima L. 2. c. 7.

e) Ibid. (die Stelle ist unrichtig citirt. K.)

f) Meteor. Lib. 3. c. 2.

zusammentreffen, sich ereignen könne. Er selbst habe in funfzig Jahren nicht mehr als zween gesehen.

Ein künstlicher Regenbogen, führt er an, könne gemacht werden, wenn man mit einem Ruder ins Wasser schlage, oder sonst auf eine andere Art das Wasser herumsprütze, wobey der Zuschauer aber den Rücken gegen die Sonne zugekehrt haben müsse.

Aristoteles glaubte, Regenbogen, Höfe und Nebensonnen würden alle durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen unter verschiedenen Umständen hervorgebracht. Es entstehe dadurch eine Menge Sonnenbilder, deren jedes unvollkommen sey, und nur Farben zeige, weil jeder Tropfen zu klein ist, um ein sichtbares Bild zu geben; die Vereinigung aller Bilder werde erst sichtbar g).

Die Ursache, welche er von der Kreisgestalt der Höfe und des Regenbogens angiebt, beweist die Unvollkommenheit der damaligen Kenntnisse in diesem Stücke. Und doch behalf man sich damit noch einige Zeit nach der Wiederherstellung der Wissenschaften in Europa. Um den Punkt, welcher der Sonne entgegen gesetzt ist, saget er, sind ihre Stralen so durchdringend, daß die Luft oder die Dünste sie nicht aufhalten können. In einer beträchtlichen Entfernung hingegen werden sie zu schwach, um gehörig zurückgeworfen zu werden, so daß genau in einer gewissen Entfernung von jenem Punkte, und also in einem Kreise, die Erscheinung sich zeiget h). Diejenigen, welche das Sehen durch Ausflüsse aus dem Auge bewerkstelligen ließen, erklärten die Sache von den vorwärts ausfahrenden Augenstrahlen auf eine ähnliche Art.

Es kann nichts helfen, die bloßen Meynungen des **Epikurs**, oder anderer Stifter philosophischer Secten zu untersuchen. Denn sie gründen sich alle mit einander auf keine Wahrnehmungen. Sie hatten alle den verworrenen Nebenbegriff, daß, so wie wir entfernte Sachen durch Hülfe eines Steckens oder dergleichen fühlen, auch das Auge sie durch Hülfe des Lichts empfinde. Dies ist auch die Lieblingsidee des **Lukretius**, der Epikurs System genau annimmt.

Zwar waren die Alten nicht unaufmerksam auf die gewöhnlichen Naturbegebenheiten. Aber sie machten wenig oder gar keine Versuche. Ihre Einbildungskraft war nur zu fruchtbar an Hypothesen zur Erklärung der Natur. Eine große Menge optischer Fragen findet man beym Aristoteles, auch etwas, das zu ihrer Auflösung dienen soll; aber es ist schwerlich etwas darunter, das in dieser Geschichte eine Stelle verdiente, weil seine Meynungen sowohl ungegründet sind, als auch zur Erfindung der Wahrheit nichts beygetragen haben. Unter andern Fragen findet man bey ihm auch diese, warum ein Stab, schief ins Wasser gehalten, gebrochen erscheine, woraus erhellet, daß die Strahlenbrechung den Alten nicht ganz unbekannt

g) Ibid. c. 3.

h) Ibid. c. 6. (Es ist in dieser Stelle von den Höfen die Rede. Warum der Regenbogen ein Kreisbogen ist, zeigt A. im 2. K. aus mathematischen Gründen, die ich aber zu prüfen nicht Lust gehabt habe. **K.**)

kannt gewesen ist. Vermuthlich hat diese Erscheinung das Kunstwort veranlasset. Archimedes soll sogar ein Buch von der Erscheinung eines Ringes unterm Wasser geschrieben haben. Er muß also etwas von der Natur der Strahlenbrechung und dem daraus entstehenden Gesichtsbetruge gewußt haben. Die Kenntnis der Brechung sowohl als der Zurückwerfung der Strahlen kann man immer so alt, als das Sehen selbst halten, so daß die Beobachtung derselben noch keinem zum Range eines Naturforschers erheben kann.

Die Alten haben nicht allein die Wirkungen der gemeinen Strahlenbrechung, sondern auch die **Farben**, welche bisweilen dabey entstehen, wahrgenommen. Seneca saget, wenn das Licht der Sonne durch ein eckichtes Stück Glas falle, spiele es alle Farben des Regenbogens. Aber ohne der Ursache dieser Erscheinung, welche man wahrscheinlich schon lange vor ihm bemerket hatte, nachzuforschen, begnüget er sich zu sagen, es wären dies keine **wahre**, sondern **falsche** Farben, dergleichen man an dem Halse einer Taube sähe, die sich mit der Lage des Halses verändern. So nähme auch ein Spiegel, der für sich farbenlos ist, die Farbe eines jeden Körpers an [i]).

Seneca.

Auch war den Alten die **vergrößernde Kraft** durchsichtiger Körper von gewisser Figur nicht unbekannt, ob sie gleich sehr weit davon entfernt waren, daß sie die Ursache eingesehen hätten. Seneca führet an, daß kleine und dunkle Buchstaben durch eine gläserne mit Wasser gefüllte Kugel größer und heller aussehen; auch, daß Aepfel, die in einem solchen Gefäße schwimmen, weit schöner als sonst erscheinen [k]).

Sollte ich mich noch nicht hinlänglich gerechtfertiget haben, daß ich dem Leser so wenig von den optischen Kenntnissen der Alten vorlege, so zweifle ich nicht, daß ich es völlig thun werde, wenn ich ihm die Ursache erzähle, die Seneca von der vergrößernden Kraft seiner Glaskugel giebt. Sie ist diese: der Gesichtsstrahl gleitet in dem Wasser ab, und kann den Gegenstand nicht fest halten (acies nostra in humido labitur, nec apprehendere, quod vult, fideliter potest). Und **Alexander Aphrodisiensis**, der große Ausleger des Aristoteles, der etwa zweyhundert Jahre nach dem Seneca gelebet hat, führet zur Ursache, warum Aepfel im Wasser größer aussehen, dieses an, daß das Wasser, welches irgend einen Körper berührt, von seiner Beschaffenheit und Farbe etwas annehme, (eadem afficitur qualitate et colore) wodurch das Auge verführet wird, den Körper für größer, als er ist, zu halten. [l])

Die alten Steinschneider sollen sich gläserner, mit Wasser gefüllter Kugeln bedienet haben, um sich die Figuren zu vergrößern, und feiner arbeiten zu können. Natter erzählt dies in einem Buche, das er über diese Materie geschrieben hat.

Gläserne Kugeln der alten Steinschneider.

Man findet in den Cabineten der Liebhaber gewisse Steine, welche von den Druiden herrühren sollen. Sie sind aus Bergkrystall in verschiedenen Formen ge-

Krystalle der Druiden.

 macht,

i) Nat. quaest. L. I. c. 7. k) Ibid. c. 6.
l) Porta de refractione p. 28.

macht, darunter sich einige Kugelförmige und einige Linsenförmige finden. Sie sind zwar nicht so vollkommen gearbeitet, daß sie die völlige Wirkung thun, aber doch noch immer so gut, daß man es schwerlich für möglich halten kann, daß ihre Kraft, wenigstens in Absicht auf die Vergrößerung denen, die sie oft in Händen gehabt haben, hätte unbekannt bleiben können. Vielleicht waren gar die Kugel- und Linsenförmigen eigentlich zu Vergrößerungs- und Brenngläsern bestimmt. Einer dieser Steine, von den Kugelförmigen, etwa anderthalb Zoll im Durchmesser, wird unter den Fossilien aufbehalten, welche D. **Woodward** der Universität zu Cambridge geschenket hat, in derer Verzeichnisse er auch zu finden ist.

Erläuterungen aus der Dioptrik.

fig. 1.

*) Die Beschaffenheit der Strahlenbrechung einigermaaßen zu zeigen, stelle die Linie A B den Durchschnitt der Oberfläche des Wassers oder sonst eines durchsichtigen Körpers, der dichter als Luft ist, mit einer auf diese Fläche senkrechten Ebene vor. Der Strahl C D falle in dieser Ebene aus der Luft schief auf die Fläche des Wassers in D, so geht er nicht in der geraden Linie D G fort, sondern wird in die Linie D H, nach dem Perpendikel D I zu gebrochen. Der gebrochene Strahl liegt mit dem einfallenden in derselben auf das Wasser senkrechten Ebene. Der Winkel C D E heißt der **Einfallswinkel**, I D H der **Brechungswinkel**, die auf das Wasser in D senkrechte E D I das **Einfallsloth**.

fig. 2.

*) Umgekehrt geht ein Strahl H D, der aus dem Wasser kömmt, nicht nach der geraden Linie D K fort, sondern wird nach D C von dem Perpendikel abwärts gebrochen. Eine Sache unter dem Wasser scheint daher dem Auge höher zu liegen, als sie wirklich liegt. Denn es stelle A B die Oberfläche des Wassers, C einen leuchtenden Punkt unterm Wasser vor. Die Stralen, welche von demselben bey D ausfahren, werden nach E hin so gebrochen, daß sie von einem Punkte F, der höher als C liegt, herzukommen scheinen. Ein Auge bey E glaubt also die Sache in F zu erblicken. Daraus begreift man, warum ein Stock senkrecht ins Wasser gehalten, verkürzt, schief gehalten, gebrochen erscheint. Auch, wie es möglich ist, ein Stück Geld, das auf dem Boden eines Gefäßes liegt, nicht zu sehen, wenn das Gefäß leer ist, und, ohne das Auge zu rücken, es sehen zu können, wenn Wasser hineingegossen wird. Dieser letztere Versuch, womit man Leute, die mit den Eigenschaften des Lichts nicht bekannt sind, immer auf eine angenehme Art überraschet, ist vermuthlich einer der frühesten unter den optischen. Die Aeltesten optischen Schriftsteller gedenken desselben [m]).

Euklides.

Ohne sich auf eine nähere Untersuchung der Natur des Lichts und des Sehens einzulassen, begnügten sich die alten Geometer damit, daß sie ihre Optik auf den beyden oben angeführten Säzen, von dem Wege des Lichts in gerader Linie, und von der Gleichheit des Einfalls- und Zurückstrahlungswinckels gründeten. Die Anfangsgründe der Optik und Katoptrik, welche man dem **Euklides** zuschreibt, enthalten jene Untersuchungen über die scheinbare Größe und Gestalt der Gegenstände nach

m) Z. E. Euclides, Catoptr. praef. K.

nach dem Winkel, unter welchem sie dem Auge erscheinen; diese Bestimmungen der scheinbaren Stelle des Bildes, welches ein polirter Spiegel von einem Gegenstande darstellet. Aber diese Werke sind so unvollkommen und so nachläßig geschrieben, daß sie, wie ich glaube, nicht für ächte Schriften des berühmten Geometers gehalten werden.

Da die Alten mit den Erscheinungen des zurückgeworfenen Lichts noch ziemlich bekannt gewesen zu seyn scheinen, so will ich hier die vornehmsten Fälle derselben vortragen. Man hat dabey zugleich das wesentlichste der Euklideischen Katoptrik.

Erläuterungen aus der Katoptrik.

Wenn die zurückstrahlende Fläche eine Ebene ist, so werden die zurückgeworfenen Strahlen unter sich dieselbe Neigung behalten, welche die einfallenden gegen einander hatten. Sind die letztern gleichlaufend, so sind es jene auch. Anders aber verhält es sich bey erhabenen oder hohlen Flächen, weil die Einfallslothe hier nicht, wie bey der ebenen Fläche, mit einander parallel sind. Wenn Parallelstrahlen auf die erhabene Seite einer Kugelfläche fallen, so werden die zurückgeworfenen aus einander fahren, weil die Einfallslothe es thun. Fallen sie auf die hohle Seite einer Kugelfläche, so werden sie beym Zurückgehen zusammenlaufen, weil die Einfallslothe von der zurückwerfenden Fläche abwärts zusammengehen.

*) Mit den Bildern verhält es sich folgendergestalt. Es sey S V eine gerade Linie auf einem ebenen Spiegel gezogen, auf welche von dem Punkte A des Gegenstandes A B die senkrechte A C I, und ein Strahl A F falle. Dieser werde nach F H zurückgeworfen, und schneide rückwärts verlängert die senkrechte A C I in I. Wegen der Gleichheit des Einfalls- und Zurückstrahlungswinkels sind die Dreyecke A C F, I C F, und in ihnen die Seiten A C, C I, gleich. Alle andern Strahlen, wie A G, welche auf irgend einen andern Punkt des Spiegels, G, fallen, werden gleichfalls nach G K so zurückgeworfen, daß sie rückwärts verlängert durch I gehen. Ein Auge bey H K empfängt also die Strahlen, die von A auf den Spiegel fallen, als wenn sie von I herkämen. Darum heißt I des Punktes A Bild. Ein jeder anderer Punkt des Gegenstandes B hat gleichfalls sein Bild in der auf dem Spiegel senkrechten B M, so weit hinter dem Spiegel, als B davor liegt. Das Bild I M des ganzen Objects A B ist daher demselben gleich, und liegt auf dieselbe Art hinter dem Spiegel, wie dieses vor demselben. (fig. 3.)

* Für hohle und erhabene Spiegel giebt es keinen Punkt, in welchem sich die von einem jeden leuchtenden Punkte auffallenden Stralen, nachdem sie zurückgeworfen sind, vereinigten. Doch enthält auch bey ihnen das Perpendikel von dem leuchtenden Punkte auf die Fläche des Spiegels (cathetus incidentiae) denjenigen Punkt, um welchen die zurückgeworfenen Strahlen oder ihre Verlängerungen am dichtesten zusammen kommen, in welchen man deswegen den Ort des Bildes zu setzen hat. Euklides setzt ihn schon in diese Linie. Sein Grund ist zwar nicht hinreichend. Er saget, wenn man bey Kugelspiegeln das Auge in die Linie von dem leuchtenden Punkte nach dem Mittelpunkte stellet, so könne man kein Bild sehen. Dieses übrigens vorausgesetzt, sey der Kreisbogen SV der Durchschnitt eines erhabenen Kugelspiegels mit der Ebene, worinne die Zurückstrahlung geschieht, C der Mittelpunkt des (fig. 4.)

Spiegels

Spiegels und des Bogens, A B der Gegenstand. Die Strahlen A F, A G, welche nicht zu weit von A C auf den Spiegel fallen, werden so zurück geworfen, daß sie rückwärts verlängert, in einem Punkte, I, der Linie A C, zwischen dem Spiegel und seinem Mittelpunkte sinnlich genau zusammen kommen. Das Einfallsloth ist der Halbmesser durch jeden Einfallspunkt, F, mit welchem der einfallende und zurückgehende Strahl gleiche Winkel machen müssen. Der Punkt I heißt das Bild von A, und so hat auch der Endpunkt B sein Bild in dem Punkte M der Linie B C. Der Gegenstand erscheint aufrecht und verkleinert.

fig. 5.

* Wird der Gegenstand A B von dem Hohlspiegel S V abgebildet, und er befindet sich zwischen dem Spiegel und dem Mittelpunkte, so werden die Strahlen A R, A G, so zurück geworfen, daß sie die Linie durch A und C, in welcher angenommenermaßen ihr Vereinigungspunkt liegt, erst jenseits des Spiegels in I erreichen. Eben so liegt das Bild des Punktes B hinter dem Spiegel in M auf der Verlängerung von C B. Das Bild des Gegenstandes ist umgekehrt und größer als die Sache.

fig. 6.

An dem Hohlspiegel ereignet sich eine besondere Erscheinung, die auch den Alten nicht unbekannt gewesen ist, wie man aus dem 29. Theorem der Euklideischen Katoptrik sieht. Es ist das Bild eines Gegenstandes, welches der Zuschauer zwischen sich und dem Spiegel in der Luft schweben sieht. Dieses Bild entsteht, wenn der Gegenstand über dem Mittelpunkte vor dem Spiegel hinaus liegt, wie in Fig. 6, wo die Stralen A G, A R, welche von A auffallen, so zurückgeworfen werden, daß sie die Linie durch A und den Mittelpunkt des Spiegels C zwischen C und dem Spiegel schneiden. So haben die Strahlen von B ihren Mittelpunkt in M, und das Bild liegt vor dem Spiegel in einer umgekehrten Lage, dergestalt, daß ein Auge, wenn es in der gehörigen Stellung sich befindet, es in der Luft schweben sieht. Geht der Zuschauer näher hinzu, um es genauer zu betrachten, so wird es nicht vor ihm fliehen; aber er wird nichts finden, wenn er darnach greift, ohngeachtet es das Ansehen eines festen Körpers hatte. Das Hohlspiegel vergrößern, erwähnen Seneca sowohl als Plinius.

Brennspiegel des Archimedes.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Römer ihr heiliges Feuer durch reflectirende Hohlspiegel anzuzünden gewußt haben, und so wäre es ziemlich frühe bekannt gewesen, daß in dem Vereinigungspunkte der zurückgeworfenen Strahlen eine Hitze entsteht. Die zündende Kraft der Hohlspiegel bemerket Euklides, Katoptrik, 31 Satz. Wenn wir den Berichten der alten Geschichtschreiber nur ein wenig Glauben beymessen wollen, so hätte Archimedes von dieser Eigenschaft einen außerordentlichen Gebrauch gemachet, da er durch Hülfe sehr großer Brennspiegel die feindliche Flotte vor Syrakus angezündet. Weil man aber nichts von andern weis, die seine Erfindung genutzet hätten, so ist die Sache sehr zweifelhaft. Sonst soll dieser große Geometer über Brennspiegel eine Schrift verfasset haben, die aber nicht mehr vorhanden ist.

J. B.

J. B. Porta glaubet [n]), daß die Brennspiegel der Alten aus Metall in parabolischer Form gemacht gewesen seyn. Die Parabel hat die Eigenschaft, daß alle Strahlen, welche parallel mit der Axe auf sie einfallen, nach einem und demselben Punkte der Axe, dem Brennpunkte, hin zurückgeworfen werden. Läßt man die Parabel sich um ihre Axe drehen, und schneidet von dem Afterkegel ein Stück um den Scheitel herum ab, so hat man einen brauchbaren Brennspiegel. Mit einem solchen Brennspiegel, glaubt man, hätten die Römer ihr heiliges Feuer angezündet. Nach einigen hat auch Archimedes sich eines solchen Brennspiegels bedienet, und dazu noch ein linsenförmiges Glas, oder einen kleinen parabolischen Spiegel genommen, um die Strahlen, welche in dem Brennpunkte des Großen sich vereiniget hatten, damit aufzufangen, und sie parallel und verdichtet fortzusenden. Aber Dechales zeigt, daß es unmöglich ist, andere Strahlen parallel unter einander ausfahren zu machen, als die, welche von einem und demselben Punkte der Sonne herkommen [o]).

n) Magia natur. L. 17. c. 14. 15.

o) Cursus mathem. vol. 3. p. 722. (Ein Parabolischer Spiegel wirft keine andern Strahlen nach dem Brennpunkte hin, als welche parallel mit der Axe einfallen, das ist, welche von einem Punkte der Sonne, obgleich nicht genau einem mathematischen, herkommen. Ein zweyter parabolischer Spiegel oder ein Linsenglas können auch keine andere wieder parallel machen. Dieses ist leicht einzusehen. Es scheint aber fast, Dechales glaube, daß die Strahlen von einem Punkte der Sonne nicht kräftig genug zum Zünden sind, wiewohl ich ihm dies nicht aufbürden will, da ich ihn nicht zur Hand habe. Sonst möchten die Hauptursachen, warum Archimedes sich keiner parabolischen Spiegel bedienet haben kann, diese seyn: daß der zweyte Spiegel die Lichtstrahlen schwerlich dichte genug zusammen bringt, da man noch auf den Verlust unterwegens rechnen muß; zweytens, daß der Ort der Spiegel mit der Sonne und der anzuzündenden Sache ohngefähr in gerader Linie seyn muß, weswegen es unmöglich werden mußte, die Schiffe zu treffen, wenn nicht die Sonne eine bequeme Stelle dazu am Himmel hatte.

Das Zeugenverhör fällt bey der Untersuchung dieser Sache ziemlich wunderbar aus. Polybius, Livius, Plutarchus, die dazu die beste Gelegenheit gehabt, erwähnen nichts davon. Unter den ältern gedenket auch keiner der Sache als Galenus, der zwar saget, daß Archimedes die Schiffe der Römer angezündet habe, aber nicht durch Spiegel, sondern durch Feuerkugeln oder dergleichen, (διὰ τῶν πυρίων) de temperam. L. 3. c. 2. Erst aus dem zwölften Jahrhunderte traten zwey Schriftsteller auf, Zonaras und Tzetzes, die für sich selbst hierinne nichts zeugen können, aber von denen der letztere sich auf eine Menge alter Schriftsteller, den Dio, Diodorus, Hero, zwey Philonen, die vom Maschinenwesen geschrieben haben, und den Anthemius, einen freylich spätern Zeugen, berufet. Zum Unglücke sind von den Geschichtbüchern des Dio und Diodorus, die Stücke verloren, wo sie von den Wundern mit den Brennspiegeln mögen geredet haben. In den übrigen Schriften der andern findet man auch nichts hievon. Anders als durch eine Menge ebener Spiegel kann Archimedes die römischen Schiffe nicht angezündet haben. Die Beschreibung des Tzetzes deutet wirklich etwas dergleichen an. In den neuern Zeiten hat Büffon mit 400. ebenen Spiegeln in einer Entfernung von 140. Fuß Bley und Zinn geschmolzen, und in einer weit größern Holz angezündet. (Mem. de l'acad. des Sc. 1746.) Ausführlicher handeln hiervon Montucla hist. des Math. T. I. p. 246 seqq. und

Brenngläser, wie weit sie den Alten bekannt.

Aus einem Umstande in der Geschichte des Sokrates scheint zu folgen, daß die Alten schon die Wirkung der Brenngläser gekannt haben. In den Wolken des Aristophanes 2 Aufz. 1 Auftr. meldet Strepsiades, ein alter Dummkopf, dem Sokrates, er habe ein vortreffliches Mittel erfunden, seiner Schuldner los zu werden. Er wolle mit einem Glase die Buchstaben seiner Handschriften schmelzen. Der Scholiast saget, es sey ein rundes dickes Glas gewesen.

Plinius, B. 36. C. 26. und B. 37. C. 2. redet von gläsernen und krystallenen Kugeln, welche gegen die Sonne gehalten, Kleider oder Fleisch ausbrennen können. **Lactantius**, de ira Dei, saget, daß Glaskugeln, selbst mit kaltem Wasser gefüllet, zünden können, wenn man sie gegen die Sonne halte. Da die Alten dergleichen Wirkungen kannten, so ist es wunderbar, daß sie keinen bessern Gebrauch davon machten. **De la Hire** schreibt es ihrer schlechten Theorie vom Lichte und Sehen zu, mit welcher sie diese Wirkungen nicht hätten reimen können p). Denn ist wieder nicht zu begreifen, warum sie nicht lieber ihre Theorie in Zweifel gezogen, und eine Hypothese verworfen haben, nach welcher jene Begebenheiten sich nicht erklären ließen. Dr. **Hooke** machet einige Anmerkungen über de la Hires Aufsatz, und schließt damit, daß er überhaupt der Meynung sey, die Alten hätten von keinen andern Brenngläsern, als den Kugelförmigen etwas gewußt; die linsenförmigen wären ihnen ganz unbekannt gewesen q).

Meynungen des Seneca.

Ueber optische Materien findet man nichts von den Zeiten des **Euklides** bis zum **Seneca**, der die unvollkommenen Meynungen des Aristoteles über den Regenbogen mit etwas von seinem eigenen vorträgt, als, daß die Kreisfigur des Regenbogens sowohl als der Höfe, aus einer Bewegung der Atmosphäre und der darinnen befindlichen Dünste durch den Anstoß des Lichts entstehe; auf eine ähnliche Art, wie die Kreise auf der Fläche des Wassers um den Ort, wo ein Stein hineingeworfen wird r).

Der Regenbogen, saget er, sey das von einer hohlen und feuchten Wolke zurückgeworfene Bild der Sonne. Daß es verworren ist, verursache die Beschaffenheit und Figur des Spiegels; daß es farbicht ist, rühre von der Vermischung der Farben des Sonnenlichts und der Farbe der Wolke her. Denn das Sonnenlicht sey verschiedentlich gefärbt, nachdem es stärker oder schwächer ist s).

Wasser-

und Liebknecht de speculis causticis. Ienae 1704. Eine ähnliche Geschichte kommt im sechsten Jahrhunderte wieder vor, da die Flotte des **Vitalianus** vor Constantinopel durch Brennspiegel soll verbrannt seyn. Zonaras schreibt es dem **Proklus** zu. Wenn dieses der Mathematiker und Platonische Philosoph seyn soll, so finde ich die Zeiten nicht übereinstimmend. Proklus starb im J. 485. Die Unternehmung des Vitalianus fällt ins J. 514. Sonst führt Vitellio in seiner Optik L. V. prop. 65. an, daß Anthemius behauptet habe, mit 24 Planspiegeln könne man Feuer anzünden, worüber er aber keine Erfahrung beybringe. K.)

p) Mem. de l'acad. Par. 1708. p. 140.

q) Hooke's experiments, by Derham. p. 348. (Man sehe auch noch Kästners vollst. Lehrbegriff der Optik S. 380. K.)

r) Qu. nat. Lib. I. c. 2.

s) Ibid. c. 3.

Wassertropfen, die durch den Schlag eines Ruders ins Wasser herum sprützen, fallen zu geschwinde nieder, um ein vollkommenes Bild der Sonne darstellen zu können[t]). Daß das Bild der Sonne vergrößert und verzogen in den Wolken erscheine, sey kein Wunder, da manche Spiegel dergleichen verzogene Bilder machen. Im Wasser erscheine ein jedes Ding größer, daher das Sonnenbild auch, weil es von einer feuchten Wolke zurückgeworfen wird, welche sowohl von der Natur des Glases als des Wassers etwas an sich habe[u]).

Heliodorus von Larissa.

Heliodorus von Larissa, dessen Zeitalter nicht bekannt ist, der aber nach dem Tiberius, dessen er erwähnt, muß gelebt haben, glaubte, das Sehen werde durch Ausflüsse aus dem Auge bewirket, welches in dieser Absicht der Sonne ähnlich sey, weil die Sonnen- und Gesichtsstrahlen auf dieselbe Art zurückgeworfen werden. Die Gestalt des Auges selbst, meynt er, müsse diese Meynung bestätigen. Da es hervorraget, sey es nicht geschickt, Strahlen aufzufangen; hierzu komme noch, daß einige Thiere im Dunkeln sehen können.

Ptolemäus.

Eine Schrift über die Optik von dem berühmten **Ptolemäus**, der 150 Jahre nach Christi Geburt lebte, ist verlohren; aber aus andern Nachrichten weis man, daß er von der astronomischen Strahlenbrechung darinn gehandelt hat[v]). Obgleich die Strahlenbrechung überhaupt ziemlich frühe bemerkt seyn mag, so sind doch vielleicht die Naturforscher erst späte darauf gekommen, daß die Strahlen von der Sonne, dem Monde und den Sternen, wenn sie schief auf den dicken Dunstkreis um die Erde fallen, durch die Brechung von der geraden Linie abgelenket werden, und daß diese Körper dadurch höher am Himmel als sonst erscheinen müssen. Die ersten Astronomen bemerkten nicht, daß der Abstand zweener Sterne von einander am Horizonte kleiner ist, als beym Mittagskreise, und müssen daher mit ihren Beobachtungen oft in Verlegenheit gerathen seyn. Aber Ptolemäus hat diesen Umstand gewiß gekannt, da er die Erinnerung giebt, bey dem Gebrauche alter Beobachtungen daran zu denken[w]).

Er hat in dieser Schrift auch eine sehr vernünftige Erklärung von der scheinbaren Vergrößerung der Sonne und des Monds nahe am Horizonte gegeben. Die Seele, sagt er, urtheilt von der Größe der Gegenstände nach einer vorgefaßten Schätzung ihrer Entfernung, und diese scheint größer, wenn viele Gegenstände zwischen dem Auge und der betrachteten Sache liegen, wie es der Fall ist, wenn die

t) Ibid. c. 5.

u) Ibid. c. 6.

v) Roger Bacon führt die Optik des Ptolemäus sehr oft an. Er spricht, Alhazen habe seine Optik ganz darauf gegründet. (Perspect. p. 52. ed. Combach.) Von der Katoptrik hat Ptolemäus in seiner Optik gehandelt (Bacon l. c. p. 135.) Ich zweifle daher, daß er sich bloß mit der astronomischen Strahlenbrechung darinne beschäfftiget habe. K.

w) Smith's Opticks. Remarks p. 54. (der Kästnerischen Ausgabe S. 418. Aber die daselbst aus dem Almagest L. III. c. 9 citirte Stelle enthält nichts hieher gehöriges. Ich finde bis jetzt an den Stellen, wo P. von der Strahlenbrechung müßte was erwähnt haben, nichts davon. K.)

Himmelskörper nahe beym Horizonte sind x). Aber in seinem Almagest schreibt er diese Vergrößerung der Brechung der Strahlen durch die Dünste zu, welche den Winkel, unter dem Sonne und Mond erscheinen, wirklich vergrößern, so wie der Gesichtswinkel bey einer unterm Wasser gesehenen Sache vergrößert wird y). In der letzten Periode unserer Geschichte wird diese Sache mehr aufgekläret werden.

Optik der Araber.

Nach dem Ptolemäus finden wir wiederum eine große Lücke in der Geschichte der Optik. Sie ward während der finstern Zeiten in Europa, so wie andere Theile der Mathematik und Naturkunde, hauptsächlich von den Arabern bearbeitet. Der erste optische Schriftsteller dieser Nation, von dem wir Nachricht haben, ist Al Farabi, etwa 900 Jahre nach C. G. Seine Schrift ist nicht zu uns gekommen. Um das Jahr 1000. schrieb Ebu Haithem z) weitläuftiger über die Optik, und handelte in besondern Abtheilungen von dem gerade fortgehenden, dem zurückgeworfenen und gebrochenen Lichte, berührte auch die Brennspiegel. Allein sein Werk ist gleichfalls verloren gegangen.

Alhazen.

Das einzige optische Werk, welches uns von den Arabern übrig geblieben ist, hat den Alhazen aus dem zwölften Jahrhunderte zum Verfasser, und verdient wohl bemerkt zu werden, da es mit vieler Sorgfalt ausgearbeitet ist. Er ertheilt darinne eine erträgliche Beschreibung des Auges, handelt weitläuftig von der Beschaffenheit des Sehens, und behauptet zwar schon, daß die krystallene Feuchtigkeit ein Hauptwerkzeug zum Sehen sey, betrachtet sie aber doch noch nicht wie ein Linsenglas. Zum Sehen, saget er, sey nöthig, daß die Empfindungen von äußern Gegenständen durch die Sehenerven zum Gehirne fortgepflanzet würden. S. 8. 34. (der Risnerischen Ausgabe). Daß wir mit zwey Augen nur einfach sehen, erklärt er daher, daß die Seele, wenn zwey ähnlich liegende Theile der Netzhaut gerührt werden, nur ein einziges Bild empfindet. S. 79. Er untersuchet auch umständlich die Gesichtsbetrüge, die sich sowohl bey gerade fortgehenden, als zurückgeworfenen oder gebrochenen Lichtstrahlen ereignen.

Alhazen scheint sich besonders um die Strahlenbrechung mehr als die Alten bekümmert zu haben. Denn er hat Versuche darüber, wie sie an der gemeinschaftlichen Oberfläche von Luft und Wasser, Luft und Glas, Wasser und Glas, beschaffen ist, angestellet. Er vermuthete auch in dem krystallenen Himmel, den er nach der damaligen Meynung annahm, eine Strahlenbrechung, und glaubte sie durch astronomische

x) Montucla hist. des Math. Vol. I. p. 309. (Rogeri Baconis Perspect. pag. 118. ed. Combach. K.)

y) Robins's Tracts. Vol. 2. p. 235. (Ptolem. Almag. l. I. c. 3. Auf diese Art haben auch mehrere unter den Alten sich die Vergrößerung der Sonne am Horizonte vorgestellet. S. Strabo Geogr. l. 3. init. woselbst auch noch einer Sage erwähnt wird, daß die Sonne in dem Ocean mit einem Geräusche untergienge, wie es ein glühendes Eisen ins Wasser gestecket machet. K.)

z) Montucla nennt ihn Ibu Heitem. Einen Astronomen dieses Namens führt Weidler an. Hist. Astron. p. 220. Ich bemerke dies nur zu meiner Empfehlung; da die Orthographie dieses Namens sonst nicht von Wichtigkeit ist. — Roger Bacon führt auch noch einen Araber, Jacob Alkindi, an, der von der Optik geschrieben hat. K.

astronomische Beobachtungen darthun zu können. Hieraus leitet er verschiedene Eigenschaften der astronomischen Strahlenbrechung her, als: daß die Höhen der Gestirne dadurch vergrößert werden. Auch hat er zuerst behauptet, daß die Sterne zuweilen durch die Strahlenbrechung über dem Horizonte gesehen werden, wenn sie noch wirklich darunter sind. Diese Bemerkung ward durch **Vitellio**, **Bernhard Walther**, und hauptsächlich durch die genauen Beobachtungen **Tycho Brahes** bestätiget [a]). Der Strahlenbrechung schreibt er die Verringerung der Durchmesser und Entfernungen der Gestirne, auch das Blinkern der Sterne zu. Aber man findet nicht, daß er, oder sein Nachfolger Vitellio, ihre wahre Größe anzugeben gewußt hätten. Wirklich ist sie auch zu klein, um anders als durch genaue Werkzeuge bestimmt werden zu können. Es ist deswegen ganz stille davon bis zum Jahre 1500., um welche Zeit Walther, Möstlin, vor allen aber Tycho Brahe vorzügliche Sorgfalt darauf wandten [b]).

Alhazen glaubte, die Strahlenbrechung in der Atmosphäre hänge nicht von den Dünsten darinne ab, wie vermuthlich die Naturkündiger vor ihm mögen gedacht haben, sondern von der verschiedenen Durchsichtigkeit, darunter er, wie Montucla muthmaßet, die verschiedene Dichtigkeit der groben Luft zunächst der Erdfläche, und des Aethers, der feinen Luft über jener, verstand [c]).

Bey der Untersuchung über die Wirkungen der Strahlenbrechung sucht er zu beweisen, sie sey so wenig die Ursache der scheinbaren Vergrößerung der Himmelskörper am Horizonte, daß sie vielmehr sie verkleinern müßte, weil zwey Sterne am Horizonte näher bey einander erscheinen, als am Mittagskreise [d]). Diese Erscheinung setzet er unter die Gesichtsbetrüge. Unser Urtheil von der Größe, saget er, gründe sich auf die Vergleichung des Sehewinkels und der angenommenen Entfernung der Sache; so daß bey ohngefähr gleichen Sehewinkeln die Sache, welche man weiter zu seyn glaubet, größer zu seyn scheint. Der Himmel unweit des Horizonts dünke uns weiter von uns zu seyn, als an andern Stellen seines Gewölbes. S. 282. Roger Bacon eignet diese Erklärung dem Ptolemäus zu, und als eine diesem zugehörige untersuchet und bestreitet sie Porta [e]).

Ferner findet man bey ihm die erste deutliche Meldung von der Vergrößerung durch Gläser, daher es nicht unwahrscheinlich ist, daß dieses die nützliche Erfindung der **Brillen** veranlasset hat. Denn er saget, eine Sache hart an die Grundfläche des größern Abschnittes einer gläsernen Kugel gehalten, erscheine vergrößert. Gleichfalls

a) Kepleri Paralip. p. 150.

b) Smith's Opticks, Remarks. p. 58 59. (der deutschen Ausgabe S. 421. K.) Man soll die Declination eines Sternes beym Aufgange und nahe beym Zenith beobachten, und zwar nach damaliger Art mit einer Armille, welches aber wohl ziemlich fehlerhaft ausfallen mußte. K.)

c) Montucla vol. I. p. 352 (Alhazen sagt im 15. S. des 7ten B. ausdrücklich, die Substanz des Himmels sey subtiler als die Substanz der Luft. Er giebt daselbst ein Mittel an, die Strahlenbrechung zu finden.

d) Montucla l. c. (Alhazen L. VII. p. 53-54. K.)

e) de refractione p. 24. 128.

falls untersuchet er auch die Erscheinung eines Gegenstandes durch eine Kugel, und giebt sich für den ersten aus, der die Strahlenbrechung im Auge beobachtet habe [f]).

Montucla saget [g]), Alhazen fehle in der Bestimmung der Gesetze der Strahlenbrechung, des Brennpunktes gläserner Kugeln, und der scheinbaren Größe eines Gegenstandes, den man dadurch sieht. Saverien beschuldiget ihn [h]), daß seine Beweise so verworren sind, daß man Mühe habe, sie zu verstehen. Ich setze noch hinzu, daß sein Vortrag ungemein weitläuftig und voll übertriebener Aristotelischer Spitzfindigkeit ist.

Vitellio. **Vitellio**, aus Pohlen gebürtig, gab sich viele Mühe, Alhazens Optik zu erklären. Sein Werk kam um das J. 1270 heraus. Es enthält fast alles Gute aus dem Alhazen, und ist weit ordentlicher und deutlicher abgefaßt. Er bekümmert sich besonders um die Verminderung des Lichts durch die Zurückwerfung und Brechung, wagts aber nicht, ihre Größe zu bestimmen [i]). Die Resultate seiner Versuche über die brechende Kraft der Luft, des Wassers und des Glases, bey verschiedenen Einfallswinkeln, brachte er in eine Tafel [k]).

In seiner Erklärung von dem Anscheine des Mondes am Horizonte stimmet er vollkommen mit Alhazen überein, und bemerket noch, daß im Horizont der Himmel die Erde zu berühren, und weiter als nach dem Zenith zu von uns entfernet zu seyn scheine, weil der Zwischenraum längst der Oberfläche der Erde eine Menge Gegenstände darstellet [l]).

Das Blinkern der Fixsterne schreibt er der Bewegung der Luft zu, in welcher das Licht gebrochen wird; wobey er zur Erläuterung anführet, daß sie noch stärker blinkern, wenn man sie im bewegten Wasser betrachte [m]).

Er zeiget, daß zur Hervorbringung des Regenbogens sowohl eine Brechung als Zurückwerfung nöthig sey, weil der Körper, worauf die Strahlen fallen, ein durchsichtiges Wesen ist, dessen Oberfläche einen Theil von ihnen bricht, den andern zurückwirft. Aber er scheint die Brechung nur als ein Mittel zur Verstärkung des Lichts anzusehen, wodurch es dem Auge empfindbarer werden soll [n]).

Der Farben im Regenbogen nimmt er drey an; glaubet aber, wie Seneca, daß sie aus einer Vermischung des Sonnenlichts mit der dunkeln Farbe der zurückwerfenden Wolke entstehen, so wie überhaupt das Licht die Farben der Körper annehme, welche es zurückwerfen oder durchlassen [o]). Er machet noch mancherley Bemerkungen, besonders über die Höhe des Regenbogens in Vergleichung mit der Höhe der Sonne, und zeiget, daß in manchen Ländern zu Mittage kein Regenbogen sichtbar werden

f) Smith's Opticks. Remarks, pag. 15. (der deutschen Ausgabe S. 388. Ich finde, daß Alhazen L. VII. prop. 44. 45. die Sache an den kleinern Abschnitt der Kugel stellet. K.)

g) Histoire p. 625.

h) Histoire p. 242.

i) Optica p. 190. 414. (nach der Risnerischen Ausg.)

k) Ib. p. 412.

l) Ib. p. 124.

m) Ib. p. 449.

n) Ib. p. 458.

o) Ib. p. 461.

werden könne, nämlich alsdenn, wenn die Höhe der Sonne größer als der Halbmesser des Bogens ist, weil die Mittelpunkte der Sonne und des Regenbogens sich immer in einer geraden Linie mit dem Auge des Zuschauers befinden. Einige, führet er an, hätten bemerket, daß die Höhe des Bogens und der Sonnen zusammen immer 42 Grad ausmachen; erinnert aber, daß die Strahlenbrechung in der Atmosphäre einen kleinen Unterschied hierin verursachen werde p).

Da dieser Schriftsteller noch so unvollkommene Begriffe von dem Regenbogen hat, so wird es nicht der Mühe wehrt seyn, seine Gedanken über Höfe und Nebensonnen anzuführen, deren Erklärung er und seine Vorgänger noch weniger gewachsen waren.

Er erdachte auch einen Versuch, die Regenbogenfarben durch ein rundes mit Wasser gefülltes, in Sonnenschein gestelltes Glas hervorzubringen. Es zeigen sich nämlich dabey auf der Erde, oder worauf sonst das Glas steht, dergleichen Farben, die nach seiner Bemerkung noch schöner werden, wenn man das Glas von außen anfeuchtet. Er hält sie aber nicht für wahre Regenbogenfarben, weil die Anzahl verschieden sey, und man sie nicht durch Zurückstrahlung, sondern durch gerade fortgepflanztes Licht sehe. Dies ist offenbar eine sehr mangelhafte Beschreibung dieser Erscheinung. Auch zeiget seine Erklärung, wie wenig man hievon noch zu seiner Zeit verstand. Weiter bemerket er auch nicht, daß die runde Gestalt des Glases nichts zur Sache thut q).

Vitellio machte einige sinnreiche Versuche, die Strahlenbrechung zu erklären, und ihr Gesetz zu erforschen. Er läßt sich auch auf die Bestimmung des Brennpunktes einer gläsernen Kugel, und der scheinbaren Größe eines dadurch gesehenen Gegenstandes, ein; verfehlt aber, wie Montücla saget r), in allem diesem die Wahrheit.

Porta beschuldiget den Vitellio, daß er immer irre, wenn er sich vom Alhazen entfernet, und nennt ihn desselben Affen s). Dieses saget er bey der Gelegenheit, da er den Fehler rüget, den Vitellio in der Bestimmung des Brennpunktes einer Kugel macht. Vitellio glaubet nämlich, daß, weil die senkrechten Strahlen in dem Mittelpunkte zusammen kommen, die größte Kraft daselbst seyn müsse; da man aber über die zündende Kraft in diesem Punkte keinen Versuch machen kann, so wünschet er, daß man eine Halbkugel, oder noch lieber einen kleinen Abschnitt zu dem Versuche ausarbeiten möchte t). Doch hätte Porta dem Vitellio die Gerechtigkeit wiederfahren lassen sollen, anzuführen, daß er an eben dem Orte, wo er jenes saget, auch gleich vorher die Möglichkeit zeiget, hinter der Kugel einen Körper vermittelst der Sonnenstrahlen anzuzünden. Uebrigens ist es, um den Zustand der Kenntnisse, oder vielmehr der Unwissenheit in diesen Zeiten zu zeigen, hinlänglich,

p) Ib. p. 471.

q) ib. p. 474.

r) Histoire, ol. I. p. 625. (So viel ich sehe, läßt sich Vitellio auf keine nähere Bestimmungen des Ortes des Brennpunktes und der Vergrößerung ein. K.)

s) de refractione p. 64. 76.

t) Optica p. 444.

sich, daß sowohl Alhazen als Vitellio von der Vergrößerung einer unterm Wasser gesehenen Sache dies zur Ursache angeben, daß die Oberfläche des Wassers der Gestalt der Erde gleichförmig, und also sphärisch ist [u]).

Peccam. Zehen Jahre, nachdem Vitellio sein Werk herausgegeben hatte, schrieb Johann Peccam, Erzbischoff von Canterbury, eine Abhandlung über die Optik, in so ferne sie das gerade fortgehende Licht betrachtet, welches damals die Perspectiv hieß, worinne er aber die optischen Kenntnisse seiner Zeit nicht scheint vermehret zu haben. Seine Schrift ist in Kürze mit Beurtheilungskraft abgefasset. Unter andern giebt er eine sehr deutliche Erklärung der Ursache, warum der Himmel am Horizonte weiter als an andern Stellen entfernt zu seyn scheint. S. 20.

Roger Bacon. Zu gleicher Zeit mit Vitellio und Peccam lebte in England Roger Bacon, ein Mann fast von allgemeinen Talenten, der beynahe über alle Theile der Gelehrsamkeit geschrieben hat. In optischen Materien führt er den Alhazen fleißig an. Man sieht, daß er auch die Schriften anderer Araber, die einzigen Lehrmeister in der Naturkunde zu diesen Zeiten, sorgfältig studiret hat. So viel Mühe er sich inzwischen um die Optik gab, so scheint er doch zu dem, was Alhazen bereits gelehret hatte, nichts von Wichtigkeit, in Absicht auf die Theorie, hinzugefüget zu haben.

Bacon war unstreitig ein großer Mann, aber doch lange nicht von den Irrthümern und Vorurtheilen seiner Vorgänger frey. Sogar einige der ausschweifendesten und ungereimtesten Meynungen der Alten beehrete er mit seinem Beyfalle, als, daß die Lichtstrahlen vom Auge ausgiengen; wovon er zum Grunde angiebt, daß jedes Ding in der Natur so eingerichtet sey, daß es seine angewiesenen Dienste durch seine eigenen Kräfte, auf dieselbe Art, wie die Sonne und andere Himmelskörper, thun könne [v]). Doch giebt er zu, daß sowohl das Licht als verschiedene andere Umstände zum Sehen erfordert werden [w]).

In seiner Schrift, specula mathematica, bemühet er sich die Aufgabe des Alhazen, über die Vereinigungspunkte der Strahlen für Kugelspiegel aufzulösen, wozu er noch einige Beobachtungen über die Brechung des Sternenlichts, die scheinbare Größe der Gegenstände, die Vergrößerung der Sonne und des Monds am Horizonte, und die Ursache, warum das Bild der Sonne durch eine eckigte Oeffnung rund erscheint, hinzufüget. Doch in allem diesem leistete Bacon wenig mehr als sein Lehrer, und was er selbst darüber saget, ist nicht sehr richtig [x]).

In seinem Opus maius suchet er zu zeigen, wie ein Kugelstück von Glas mit der flachen Seite auf eine Schrift geleget, die Buchstaben vergrößern müsse. Das hatte er sicher vom Alhazen, aus dessen Buche ich es schon angeführet habe. Er will aber lieber das kleinere Kugelstück gebrauchet haben, dagegen Alhazen das größere vorzieht, und zwar mit Grunde, wie Dr. Smith bemerket. Inzwischen kann man gar nicht zweifeln, daß Bacon nicht mit dem kleinen Kugelstücke sollte Gegenstände vergrößert gesehen haben. Denn wie konnte jemand aus der Theorie, bey

u) Alhazen p. 276. Vitellio p. 440.

v) Opus maius by Iebb. p. 288. [(Perspect. ed. Combach. p. 54.] K.)

w) Ibid. p. 290.

x) Saverien, histoire. p. 244.

bey dem schlechten Zustande derselben in den damaligen Zeiten, soviel muthmaßen? Selbst seine hierinn begangenen Fehlschlüsse zeigen, daß er nach Beobachtungen schrieb. Außerdem giebt er Zeichnungen, worinn er den Weg des Lichts durch das Kugelstück darstellet [y]).

Erfindung der Brillen.

Durch die Sätze des Alhazen, verbunden mit Bacons Bemerkungen und Erfahrungen (wie ich nicht umhin kann sie zu nennen) sind vielleicht ein und der andere Mönch allmählig auf die Erfindung der Brillen geleitet, dahin von Bakons kleinerm Kugelstücke, ungeachtet seines Versehens dabey, ein kleinerer Schritt als von Alhazens größerm war. Ohne Zweifel bemerkte man, daß ein sehr kleines Converglaß, in einiger Entfernung vom Buche gehalten, die Schrift mehr vergrößerte, als wenn es hart darauf lag, wie es Bacon bloß scheint gehalten zu haben. Weiter mochte man versuchen, ob nicht zwey solche kleine Kugelstücke zusammengeleget, oder ein auf beyden Seiten erhabenes Glas, mehr als das Planconverstück vergrößerte. Darauf wird man gefunden haben, daß man durch zwey Gläser besser als durch ein einziges lesen kann, und endlich daß für verschiedene Augen auch verschiedentlich erhabene Gläser dienlich sind.

Das ist gewiß, daß mit dem Anfange des dreyzehnten Jahrhunderts, oder nicht lange vorher, die Brillen bekannt geworden sind. Alexander de Spina, ein Mönch aus Pisa, der 1313 gestorben ist, ein Mann, der sehr kunstreich war, alles, was er sah, oder wovon er hörte, nachzumachen, soll ein Paar Brillen bey jemanden gesehen haben, der ihm das Kunststück nicht erklären wollen, worauf er sie aber für sich selbst herausgebracht, und andern Leuten recht gerne damit gedienet hat [z]). Auch finde ich in einer Grabschrift des Salvinus Armatus, eines Florentinischen Aedelmannes, der 1317. gestorben ist, daß er die Brillen erfunden habe. Dieses ist aber auch das einzige Zeugniß, das mir darüber vorgekommen ist [a]).

Vitellio

y) Opus maius, p. 352. (Smith will nicht zugeben, daß Bacon mit Abschnitten einer gläsernen Kugel Versuche angestellet habe. Lehrbegriff der Opt. S. 379. Ich denke auch, daß Bacon zu seinen Behauptungen Grund genug aus Alhazen hatte. Seine Fehlschlüsse sind schwankende, verworrene Vorstellungen, wie die Sache etwa zu erklären wäre, von der Art, wie man sie in den ältern optischen Schriften durchgehends antrifft; die Zeichnung, deren Priestley erwähnet, gehöret nicht zu dieser Sache, sondern soll die Frage erklären, warum ein Licht in einer Entfernung, die nicht zu groß ist, größer als in der Nähe erscheinet. S. Baconis Perspect. ed. Comb. p. 162. Ich habe sie deswegen weggelassen, so wie auch die vom P. aus dem Bacon angeführte Stelle, welche der Leser an den angeführten Orten finden kann. K.)

z) Smith's Optiks, Remarks. p. 12. (der d. A. S. 377, wo man noch mehrere historische Anmerkungen über die Brillen findet. K).

a) Musschenbroek, Introd. vol. 2. p. 786. (die Grabschrift war sonst in der Kirche Maria maggiore zu Florenz zu lesen, ist aber nun weggenommen. Sie hieß:
Qui giace Salvino degli Armati,
Inventore degli Occhiali.
Dio gli perdoni le peccata.
Volkmanns Nachrichten von Italien 1 B. S. 542. K).

Vitellio muß von Brillengläsern noch nichts gewußt haben, weil er, wie oben angeführet ist, eine Halbkugel oder ein kleiner Kugelstück sich wünschet.

Es sollte mir ein großes Vergnügen gewesen seyn, wenn ich einer so nützlichen Erfindung, wie sie in ihrem Wachsthume von einer Stufe zur andern wirklich gestiegen ist, hätte nachspüren können. Ohne sie müssen sonst Leute, die Geschmack am Lesen fanden, die traurige Aussicht in ein langweiliges freudenloses Alter gehabt haben, und des Vergnügens mit Abwesenden und Todten sich zu unterhalten zu eben der Zeit beraubet worden seyn, da sie nicht mehr im Stande waren, ihre Rolle unter den Lebenden zu spielen. In Vergleichung mit den Brillen müssen selbst Teleskope und Mikroskope unter die überflüßigen Dinge gerechnet werden. Jene gehören jetzt wirklich zu den Nothwendigkeiten des Lebens, nachdem Schreiben und Lesen allgemein geworden ist.

Daß Hohlgläser für Kurzsichtige dienen, ward vermuthlich bald darauf, nachdem man die Convexgläser für Weitsichtige erfunden hatte, entdecket, ob man gleich keine Nachrichten von dieser Erweiterung der Erfindung antrifft. Wenigstens erklärt Maurolycus, der in der nächstfolgenden Periode dieser Geschichte zuerst auftreten wird, beyde Arten von Gläsern nach ihrem verschiedenen Gebrauche. Die Erfindung der Hohlgläser ist vermuthlich eine Frucht des Zufalles. Ein Kurzsichtiger, der etwa fand, daß Convexgläser ihm mehr Schaden als Gutes thaten, versuchte vielleicht aus Neugier, was eine entgegengesetzte Gestalt der Gläser leisten möchte.

Ob Bacon etwas von Fernröhren gewußt.

Bacon äußert in seinem Opus maius einen glücklichen Gedanken, wie man die Strahlenbrechung sich zu Nutze machen könnte. Durch ähnliche Mittel, als wodurch man kleine und nahe Sachen vergrößert, meynte er, daß sich entfernte Gegenstände näher herbey, oder noch weiter wegrücken ließen; ja daß man sie, selbst ins Unendliche, vergrößern oder verkleinern, und Sonne und Mond dem Scheine nach auf die Erde herunter bringen könnte. Er glaubte zuversichtlich, daß Hohlspiegel zur Betrachtung noch so entfernter Gegenstände dienlich seyn müßten [b]).

In diesen Behauptungen sieht man deutlich einige Näherung zur Erfindung der Fernröhre und Vergrößerungsgläser. Bedenket man, wie unwahrscheinlich es ist, daß in einem so frühen Zeitalter jemand durch Schlüsse auf die Theorie dieser Instrumente habe kommen können, da selbst nach ihrer Erfindung es lange gewährt hat, ehe man ihre Wirkungen einigermaßen erklären konnte, so kann man fast nicht umhin, zuzugeben, daß dieser Mönch wirklich Gläser zusammen gesetzet, und Wirkungen, ohngefähr von der Art, wie er sie beschreibt, hervorgebracht haben muß, wenn er auch gleich nicht auf die eigentliche Zusammensetzung dieser bewundernswürdigen Werkzeuge gekommen ist. Inzwischen ist doch Dr. Smith, der diese Materie gewiß gut durchgedacht hat, und darinne für einen guten Richter gelten muß, der Meynung, daß Bacon bloß nach Voraussetzungen geschrieben, und seine Entwürfe

b) Saverien, histoire pag. 244. (Rog. in Kästners Lehrbegriff der Optik. Seite Baconis Perspect. pag. 166. 167. und 388. K).

würfe nie durch Versuche geprüft habe. Sein Grund ist, daß Bacon verschiedenes angiebt, welches durch Gläser zu leisten möglich seyn soll, aber gerade zu unmöglich ist. Allein es ist nichts ungewöhnliches, daß ein Mann, der etwas von einer Entdeckung erwischet hat, sich gar zu übertriebene Erwartungen davon in den Kopf setzet. Doch ist der vom Smith angeführte Umstand wichtig, daß Bacon gar nichts von irgend einem nähern Versuche über den Gebrauch seiner Werkzeuge erwähnet c).

Smith bemerket noch dies, daß Leute, die nicht gewohnt sind, durch Fernröhre zu sehen, sich in ihrer Erwartung von der Vergrößerung sehr irren; daß sie glauben, durch ein Fernrohr, das hundertmal vergrößerte, müsse ein Gegenstand, als das Gesicht eines Mannes, sogar größer erscheinen, als es aussieht, wenn sie es dichte vor Augen haben. Ganz gewiß, saget er, sey dies auch Bacons Vorstellung gewesen, der also nie durch ein Fernrohr gesehen habe d).

c) Smith's Opticks, Remarks, p. 22. (der d. A. S. 388. ff. Bacon hat gewiß aus der Einbildungskraft geschrieben. Er sagt nie, ich habe es so vergrößert gesehen, sondern, es kann so vergrößert werden. Ein Knabe kann wie ein Riese, ein Mensch wie ein Berg erscheinen. *Possumus* sic figurare perspicua, et taliter ea ordinare respectu nostri visus et rerum, quod frangentur radii et flectentur, quorsumcunque voluerimus, ut sub quocumque angulo voluerimus, videbimus rem prope vel longe. Und gleich vorher von der Vervielfältigung durch Spiegel, *possunt* specula sic fieri, et taliter poni et ordinari, quod una res apparebit quotquot volumus. Et ideo unus homo videbitur plures, et unus exercitus plures — et sic pro utilitatibus reipublicae et contra infideles possent huiusmodi apericationes fieri utiliter et terribiliter; et si quis noverit aerem densare, ut reflexio fieret ab eo, posset multas huiusmodi apericationes insolitas procurare. Sic vero creditur, quod daemones ostendunt castra et exercitus etc.

Damit man sich nicht wundere, wie Bacon durch seine Einbildungskraft auf Projecte verfallen ist, die etwas ähnliches mit wirklichen spätern Erfindungen haben, so will ich den Titel eines selten gewordenen Buches hersetzen, das ganz mit mathematisch-physikalischen Projecten angefüllet ist. Es heißt: Thesaurus rerum selectarum, magnarum, dignarum, utilium, suavium, pro generis humani salute oblatus, Authore *Magno Pegelio*, Germano Megapolitano Rostochiensi. Vana vel impossibilia ne pronuntientur, media haud perspecta. Tu meliora. Fronte capillata est, post haec occasio calva. Typis haec expressa anno 1604. 4to. Der Verfasser war der erste Professor der Mathematik zu Helmstädt, wo er aber nur vier Jahre blieb. In diesem Buche redet er unter andern Kunststücken, die man, der Warnung auf dem Titel ungeachtet, mehrentheils für unmöglich halten muß, S. 123. von **Erhebung des Wassers durch Feuer.** Deswegen möchte ich ihn doch nicht für den wahren Erfinder der weit später erfundenen Feuermaschine halten. Eben so wie Bacon redet er von manchen zu abentheuerlichen Erfindungen, als von einem ganz besondern, unbeweglichen astronomischen Instrumente, von etwa 230. Fuß im Durchschnitte, worinne der Beobachter soll herum spatzieren können, von geographischem Karten, worauf man fahren, reiten und schiffen kann. K.)

d) Smith, l. c. p. 41. (Der d. A. S. 408.)

Zusätze des Uebersetzers.

I.

Ueber die Optik der Alten.

Vielleicht thue ich Lesern, die zu bequem zum Nachschlagen sind, einen Gefallen, wenn ich ihnen einige Stellen aus den Alten selbst hersetze, woraus sie sich mit desto mehrerer Gewißheit einen Begriff von der optischen Wissenschaft derselben machen mögen. Es ist nicht allein zur Geschichte der Wissenschaft, sondern des menschlichen Verstandes überhaupt nöthig, auch die falschen und unvollkommenen Vorstellungen derjenigen kennen zu lernen, die den ersten Grund zu einer Wissenschaft geleget haben, besonders, wenn diese sonst sehr fähige und scharfsinnige Köpfe gewesen sind: wie die Griechen, die zur Bearbeitung der Wissenschaften fast eine angebohrne Fähigkeit scheinen gehabt zu haben.

Plutarch erzählet in der Schrift von den Meynungen der Philosophen, 4 B. 13 C. von den Gedanken derselben über das Sehen, folgendes: **Demokritus** und **Epikurus** glauben, daß das Sehen durch Bilder geschehe, die von den Gegenständen ins Auge kommen; andere, daß die Strahlen vom Auge nach dem Gegenstande zu, und von da zurück nach dem Auge gehen. **Empedokles** vermischt die Gesichtsstrahlen mit den Bildern, und nennt das, was daraus entsteht, die Strahlen des zusammengesetzten Bildes. **Hipparchus** saget, die Gesichtsstrahlen gehen von beyden Seiten aus, und berühren die Gegenstände, wie man sie mit den Händen befühlet, und erwecken dadurch die Empfindung derselben. **Plato** stellet sich vor, daß eine Zusammenstrahlung sowohl des Lichtes aus den Augen, bis auf eine gewisse Entfernung in die gleichartige Luft, als auch des von den Körpern herkommenden Lichtes vorgehe; wobey die dazwischen befindliche Luft leicht durchdrungen werde, weil das Licht durch seine feurige Natur sie ausdehne. Dieses heißt die Platonische Synaugie.

Eben daselbst im 14 C. erzählet er die Erklärungen über die Bilder, welche durch Spiegel gemachet werden, die aber so sonderbar sind, daß man sie kaum anführen darf. **Empedokles** sagte, daß auf der Oberfläche des Spiegels die Abflüsse (von den Körpern vielleicht) hängen bleiben, daß aber etwas feuriges aus dem Spiegel sich absondere, welches sie durch die Luft fortführe. Des **Demokritus** und **Epicurus** Meynungen kommen ebenfalls darauf hinaus.

Von den Farben führet er einige sehr unverständliche Begriffe der alten Philosophen eben das. 1 B. 15 C. an. Die **Pythagoräer** nannten Farbe die Oberfläche des Körpers; **Empedokles**, was mit den Ausflüssen des Gesichtes (πόροι τῆς ὄψεως) übereinstimmt; **Plato**, eine Flamme von den Körpern, deren Theile mit dem Gesichte (vielleicht den Ausflüssen vom Auge) symmetrisch sind. Was er in

in dem dritten Buche C. 5. von den Erklärungen des Regenbogens hat, ist gar nicht der Mühe werth, angeführt zu werden. Von den **Stoikern** erzählt **Laertius**, 7 B. daß sie behauptet hätten, das Sehen geschähe vermittelst des Lichts, das zwischen dem Auge und dem Gegenstande sich kegelförmig ausbreite; die Spitze des Kegels sey am Auge, die Grundfläche am Gegenstande, wodurch man wie durch einen Stab den Gegenstand fühle. Den Regenbogen erklärten sie durch einen Widerschein der Sonne in einer thauenden, hohlen Wolke.

Die Meynungen des **Epicurs** findet man bey diesem Schriftsteller im 10 B. Dieser erkläret alle Erscheinungen des Sehens durch unendlich feine Bilder der Gegenstände, die von ihnen immerfort ins Auge fließen. **Cicero** machet sich deswegen nach seiner Gewohnheit über den Epikurus lustig. (Briefe, XV, 16.) Mit poetischem Schmucke hat **Lucretius** in dem zweyten und vierten Buche seines physikalischen Lehrgedichtes dieses System vorgetragen. Einen ziemlich newtonianischen Gedanken finde ich vom Epikur beym Plutarch in seiner Schrift wider den **Colotes** aufbehalten; nämlich die Farben seyn nichts eigenthümliches der Körper, sondern entstehen aus gewissen Lagen ihrer Theilchen gegen das Auge. Lucretius führet sehr artig zur Erläuterung die Farben an den Hälsen der Tauben und in dem Schwanze des Pfauen an. Freylich folgte dies aus seiner Lehre von den Atomen, die er nicht gefärbt wissen wollte.

Die Lehren des göttlichen **Plato** über das Sehen findet man ziemlich umständlich in seinem Timäus, an dem Orte, wo er uns unterrichtet, daß unser Kopf rund ist, weil die Welt rund ist, und daß wir ohne Zweifel ganz Kugel seyn würden, wenn uns nicht Rumpf und Beine wegen der unebenen Oberfläche der Erde nöthig wären, auf welcher unser Kopf, ohne Schaden zu nehmen, nicht fortrollen könnte. Es ist ohngefähr das, was nach dem Plutarch schon angeführet ist. Das Licht, welches aus unsern Augen kömmt, machet er mit dem Sonnenlichte verwandt, nur daß es nicht brennt. Etwas weiter hin trägt er seine Theorie von den Farben, ihrem Unterschiede, und ihren Mischungen vor, womit ich aber den Leser verschonen will.

Unter den Alten hat niemand mehr, noch wie es scheint, besser über das Licht und das Sehen geschrieben, als **Aristoteles**, den man sonst zu viel, itzt zu wenig liest. Er hat freylich viel irriges und unvollkommenes, und ist dabey, wenigstens für einen, der nicht mit seiner philosophischen Sprache bekannt ist, gewaltig dunkel. Weil es noch wohl der Mühe werth ist, den Fürsten der Philosophen über eine so wichtige Sache, wie die Theorie des Lichtes ist, zu hören, und Hr. Priestley seine Gedanken nur nicht recht vorgetragen zu haben scheint, so will ich hier etwas aus dem **Buche über die Seele**, 2 B. 7 C. ausziehen, das mir seine Meynung noch am deutlichsten darzustellen scheint. Er saget, das **Licht** ist etwas durchsichtiges, aber nicht so für sich, sondern durch die Farbe eines andern Dinges. Farbe ist das, was das durchsichtige in Bewegung setzt. Die Farbe beweget etwas, das durchsichtig ist, wie die Luft, und dieses, als etwas zusammenhängendes, beweget den fühlenden Sinn. Das Auge kann nicht von der Farbe unmittelbar

bar gerühret werden. Es muß ein Mittel da seyn. Wäre ein leerer Raum dazwischen, so würde das Auge gar nichts sehen. So verhält es sich auch mit den andern Sinnen. Beym Schalle ist das Mittel die Luft. Das Licht ist kein Feuer, kein Körper, auch kein Ausfluß eines Körpers, sondern die Gegenwart des Feuers, oder eines dergleichen Dinges in dem Durchsichtigen. Denn zwey Körper können nicht in einem Orte seyn. So weit Aristoteles, mit seinen eigenen Worten, so gut ich sie verstanden, nur mit etwas veränderter Stellung der Gedanken.

Aristoteles ist so viel commentirt worden, daß die Welt es müde seyn muß, ihn noch mehr commentirt zu sehen. Und doch kann ich mich bey dieser Stelle nicht erwehren, ihm eine Meynung, die vielleicht mehr die meinige als seine ist, wegen der angeführten Stelle beyzulegen — das Licht als geradelinichte Ausflüsse von dem leuchtenden Körper, oder als Undulationen eines elastischen Mittels sich vorzustellen, hat beydes seine Schwierigkeit. Das Licht soll lieber ein unkörperliches Mittel seyn, das von dem leuchtenden Körper in Bewegung gesetzt wird. Aber liegt hierinne nicht etwas widersprechendes? Ich brauche die Wörter, Mittel, Bewegung, nur als metaphorische Ausdrücke, wie Aristoteles vermuthlich sein Durchsichtiges, weil wir für unkörperliche physikalische Gegenstände und Wirkungen keine besondere Wörter haben. Es ist doch möglich, wo nicht sehr wahrscheinlich, daß alle ausgedehnte Dinge, in so ferne sie ausgedehnet sind, nur Erscheinungen seyn mögen, die von unkörperlichen nicht ausgedehnten Dingen herrühren. Also könnte auch wohl zwischen uns und einem leuchtenden Gegenstande unkörperliche Dinge seyn, welche verursachen, daß er uns sichtbar wird, ohne daß wir uns sie als ausgedehnet vorstellen müßten. Diese sind vielleicht das, was wir **Licht** nennen. Die verschiedenen Arten der Wirkungen der Körper auf diese Dinge, und vermittelst derselben auf unsere Gesichtsnerven unterscheiden wir durch die Benennungen der **Farben**. Ein Körper ist **schwarz**, wenn er keine Wirkung auf sie äußert. Ein **Lichtstrahl** ist nur ein bildlicher Ausdruck, um unserer nur an ausgedehnte Dinge gewöhnten Vorstellungskraft zu Hülfe zu kommen. Es kömmt uns vor, als wenn von jedem Punkte der Oberfläche eines leuchtenden Gegenstandes nach unsern Augen mathematische Linien zuliefen, und den Gegenstand sichtbar machten. Zur mathematischen Betrachtung des Lichts ist dieses sehr brauchbar und führet auf richtige Schlüsse. Alle unsere bisherigen Theorien vom Lichte mögen wohl nichts anders als bildliche Vorstellungen seyn. Die wahre Natur des Lichtes ist für uns in eine Finsterniß eingehüllet, welche sich nicht aufhellen wird, so lange wir diesen Körper haben.

Vielleicht hat Aristoteles so vom Lichte gedacht, wie ich mich hier erkläret habe. Ist es nicht, so ist nichts daran gelegen, so wie es auch gleichgültig ist, ob wir des Aristoteles Theorie verstehen oder nicht. Bey der Untersuchung über den Regenbogen spricht er, als wenn die Seheſtrahlen vom Auge nach der Sonne zu gebrochen werden, welches mit dem obigen nicht übereinstimmet. Er hat sich sonst noch an vielen Orten über Licht, Farben und das Sehen erkläret; als in dem Buche, de sensu et sensibili c. 2. 3. wo er gegen den Empedokles und Plato behauptet, daß das Auge wässerichter Natur sey. Empedokles hatte das Auge mit einer Laterne

terne verglichen, von dem Plato seine Vorstellungen genommen haben mag. Ferner in einem eigenen Buche über die Farben und ihre Mischungen, und in der Sammlnng von Aufgaben.

Hero von Alexandrien, der wegen seiner Einsichten in das Maschinenwesen berühmt ist, hat eine Katoptrik geschrieben, woraus **Heliodorus von Larissa** in seiner Optik am Ende eine merkwürdige Stelle aufbehalten hat, nämlich, daß die Linien, welche von einem Punkte nach einem andern hin unter gleichen Winkeln von einer Oberfläche zurückgeworfen werden, kleiner sind als alle andere, welche unter ungleichen Winkeln zwischen diesen Punkten an die zurückwerfende Ebene gezogen werden. Hieraus erhelle, daß, wenn die Natur den Gesichtsstrahlen keinen Umweg machen lassen wolle, sie sie unter gleichen Winkeln ein- und zurückfallen lassen müsse. Die Sonnenstrahlen müßten also ein gleiches thun. In den neuern Zeiten ist dieser Gedanke schon erweitert worden. Man sehe Hrn. **Kästners** diss. de minimo in reflexione a curvis, in seinen dissertt. mathem. et phys. Altenb. 1771. Die aus dem Hero angeführte Stelle ist das beste in Heliodors Büchlein, das ohne Schaden hätte verlohren gehen können.

Die beyden optischen Schriften, welche **Euklidis** Namen führen, werden von **Savile** und **David Gregori** als unächt, und des angegebenen Verf. nicht würdig verworfen. Ich dächte auch, der scharfsinnige Verfasser der Elemente hätte in dem mathematischen der Optik und Katoptrik besser bestimmte und mehr ausgeführte Säze geliefert. Seine physikalischen Hypothesen möchte man dem Verfasser immer vergeben. So aber hat er lauter halbe Säze, wenn ich so reden darf, geliefert. Hr. **Lambert** bemerket zwar, daß die schlechten Beweise in den beyden gedachten Schriften noch keinen Grund abgeben, sie dem Euklides abzusprechen, weil dieser noch lange nicht der einige ist, der in der Geometrie sehr scharf, richtig und ordentlich, in physischen Dingen hingegen sehr mittelmäßige Schlüsse machet (freye Perspectiv, 2ter Th. S. 12.)

Kepler ist mit Euklidens Katoptrik wohl zufrieden, (Epist. ad Kepl. ed. Hansch. p. 229). Die Frage mag also unausgemacht bleiben, zumal da für die Aechtheit der gedachten Schriften einige, obwohl etwas späte Zeugnisse aus dem Alterthume, nämlich vom Proklus und Heliodorus, vorhanden sind. Ein Beyspiel eines halben Satzes, wie ich es nenne, ist gleich der Saz, den Hr. Lambert aus der Perspectiv (10. S.) anführet. Euklides saget, die entferntern Theile einer Ebene, über welcher das Auge erhoben ist, erscheinen höher. Richtig, wenn man sich eine senkrechte Ebene vor dem Auge gedenket, auf welche man die Theile der Horizontalen referiret, oder wenn man sich eine Horizontale durchs Auge leget, und die Entfernungen jener in verschiedenen Orten von dieser vergleicht. Aber diese Bestimmungen hat Euklides weggelassen. In der Katoptrik saget er z. E. bloß, das Bild in einem erhabenen Spiegel ist kleiner, und näher beym Spiegel, als die Sache. Es wäre ja wohl dem Euklides nicht zu schwer gefallen, hierüber etwas bestimmters zu sagen. Am Ende der Katoptrik saget er bloß, die Strahlen, welche von einem Punkte der Sonne in gleicher Entfernung von der Axe auf einen Hohlspiegel

spiegel fallen, werden in einen Punkt der Axe irgendwo zwischen dem Mittelpunkte und dem Spiegel hingeworfen. Wenn er nur eine Zeichnung sich gemachet hätte, so würde er gesehen haben, daß es einen Punkt auf der Axe, in der Mitte zwischen dem Spiegel und seinem Mittelpunkt giebt, wo die Strahlen nahe zusammenkommen. Dafür nimmt er den Mittelpunkt des Spiegels für dessen Brennpunkt an, weil von jedem Punkte der Sonne ein Strahl dadurch gezogen, in sich selbst durch diesen Mittelpunkt zurückgeworfen wird. Es war aber doch sehr auffallend, daß es in dem Mittelpunkte des Spiegels höchstens noch einmal so warm seyn kann, als es ohne Spiegel daselbst ist. Unsere leichtesten katoptrischen Sätze müssen nicht leicht zu erfinden gewesen seyn.

Von den Römern ist in der Geschichte der Optik nichts zu sagen. Sie waren in der Physik so wie in der Philosophie überhaupt, bloße Nachbeter der Griechen. Ein paar Worte inzwischen noch vom Seneca. Dieser brauchet zur Erläuterung der Farben des Regenbogens die Farben, welche ein prismatisches Glas giebt. Ist es nicht merkwürdig, daß man diesen schönen Einfall, den Seneca zwar ganz verhunzet hat, in einer Zeit von mehr als 1600 Jahren nicht genutzet hat? Er bemerket auch, daß in dem Regenbogen eigentlich eine unendliche Menge von Farben ist, deren Uebergänge aber unmerklich sind, woferne anders diese gute Bemerkung von ihm ist. Denn er führet dabey diese Verse an:

> Sed nunc diversi niteant cum mille colores,
> Transitus ipse tamen spectantia lumina fallit;
> Vsque adeo quod tangit idem est, tamen ultima distant.

Es sollte mich die Zeit gereuen, die ich auf das Nachschlagen der angeführten Meynungen gewandt habe, wenn ich nicht daraus noch die praktische Bemerkung ziehen könnte, daß es leichter ist, zehen Theorien über die Natur der Dinge zu erfinden, als einen Versuch zu machen, der uns eine neue Seite von der Verbindung der natürlichen Dinge zeiget. Die Griechen wurden von ihrer lebhaften Einbildungskraft fortgerissen, und wollten, statt den langsamen demüthigen Weg der Erfahrung zu gehen, lieber die Welt nach ihren Einfällen erbauen. Darüber verdarben sie sich die Zeit mit Widerlegung ihrer Einfälle durch andere, die nichts besser waren. Zuweilen machten sie sich auch kein Bedenken, ihre Vorgänger zu plündern, wie Epikur es mit dem Demokritus, Plato mit dem Empedokles gemachet hat. Wie viel weiter könnten wir nicht seyn, wenn sie statt Systeme uns Beobachtungen hinterlassen hätten? Diejenigen, die auch in unsern Zeiten so geneigt zu Hypothesen sind, worunter sie die ganze Natur zwingen wollen, mögen sich an den Griechen spiegeln.

II.

Einige literarische Notizen zur ersten Periode.

Hr Priestley ist mit den literarischen Nachrichten etwas sparsam. Ich werde diesem Mangel, zum Besten derer, welche die Optik studiren wollen, so gut, wie es mir möglich ist, abzuhelfen suchen. Es

Es kann zwar überhaupt gleichgültig seyn, die verlohrnen Schriften der Alten zu kennen, weil man doch nichts mehr daraus lernen kann. Indessen ist es zur Vollständigkeit der Geschichte nicht unrecht, auch diese zu wissen.

Einer der ältesten optischen Schriftsteller, ist **Demokritus von Abdera**, etwa 450 J. vor C. G. der dem Laertius zufolge über die Optik (ακτινογραφίη) als auch über die eigentliche Perspectiv (εκπετασματα) geschrieben hat, wovon in der Folge bey der Geschichte der letztern Wissenschaft ein mehrers vorkommen wird — **Eudoxus von Cnidus**, ein Zeitgenosse des Plato, hat wie Hipparchus erzählet, über die Katoptrik etwas geschrieben — Vom **Aristoteles** erwähnet Laertius einer optischen Schrift, worinn er nach anderer Zeugniß statt eines Strahlenkegels zwischen der Sache und dem Auge eine sechseckigte Pyramide angenommen hat — des **Euklides** optische Schriften sind zuerst vom **Bartholomäus Zambertus**, einem Venetianer, ins lateinische übersetzet, zu Basel 1537, 1546, und in der Ausgabe der sämmtlichen Werke des Euklides, Basel. 1558 fol. herausgekommen; die Uebersetzung ist sehr unleserlich. Hernach hat sie **Johannes Pena** griechisch und lat. Paris 1557. 4to herausgegeben. Die schöne Ausgabe der sämmtlichen Euklideischen Werke vom **Gregori** ist bekannt — Unter den ungedruckten Schriften des **Archimedes** ist noch eine Schrift über die Brechung des Kreises, und eine Optik, beyde arabisch vorhanden, worüber Fabricius nachgesehen werden mag. Von eben demselben ist auch noch eine, aber nicht für ächt gehaltene Schrift, über die Brennspiegel aus dem arabischen herausgekommen — Vom **Hero von Alexandrien**, der etwa 150 J. vor C. G. lebte, ist noch eine Dioptrik in der Wiener Bibliothek vorhanden. Seine Katoptrik ist schon vorher aus dem Heliodor angeführet — Vom **Ptolemäus** kann man außer seiner schon angeführten Optik, auch noch sein Planisphaerium, die Entwerfung der Oberfläche einer Kugel auf einer Ebene, als ein Stück der Perspectiv, hieher ziehen — **Plotinus**, ein Philosoph des dritten Jahrhunderts, hat über die Frage, warum entfernte Sachen klein erscheinen, einen Aufsatz hinterlassen, der vermuthlich nichts wichtiges enthält — Des **Heliodors** Werkchen, κεφάλεια τῶν ὀπτικῶν, ist zuerst zu Florenz 1573. 4. und nach dieser Ausgabe, Hamburg 1610. 4 von Fr. Lindenbrog herausgegeben. Es ist nur 12 halbe Quartseiten stark, ein unbedeutendes Ding. — **Anthemius** aus dem sechsten Jahrhunderte, hat mechanische Paradoxa geschrieben, worinne er auch von Brennspiegeln handelt. Das Buch ist nur im Manuscr. vorhanden. (S. von diesen Schriften G. I. Vossius de vniuersae matheseos natura et constitutione. Amstel. 1660. 4. Heilbronneri historia matheseos vniuersae Lips. 1742. 4.)

Bis hieher sieht es noch sehr leer und unfruchtbar in dem optischen Fache aus. Es muß aber doch mehr darinne gearbeitet worden seyn, als uns bekannt geworden ist, da im 10ten oder 11ten Jahrhunderte ein starkes Werk von dem Araber **Alhazen** erscheint. **Friedrich Risner** hat es mit des **Vitellio**, oder wie R. ihn nennt, Vitello, Optik, unter dem Titel: Opticae thesaurus, Basel, 1572 Fol. heraus gegeben, und des Alhazen Schrift, de crepusculis, beygefüget. Die Optik des

des Alhazen ist 282 S. stark, in 7 Büchern, worinne er die Materien ordentlich genug vertheilet hat. Des Vitello Werk ist in 10 Bücher abgetheilet, und 474 S. stark. Dieser Schriftsteller nennt sich in der Zuschrift an einen gewissen Mönch, filius Thuringorum et Polonorum, vermuthlich weil sein Vater aus einem Lande, und die Mutter aus dem andern gebürtig gewesen. Risner macht es in der Vorrede wahrscheinlich, daß er um das Jahr 1270. gelebet habe. Ob aber sein Buch in diesem Jahre bekannt gemacht worden sey, läßt sich nicht mit Herrn Priestley gewiß sagen. Risner leget ihm das Lob bey, daß wenn er gleich aus dem Alhazen das meiste genommen, er doch auch die ältern Schriftsteller genützt, und einen sehr ordentlichen, mit Beurtheilungskraft gewählten Vortrag habe. Die Leute sind inzwischen noch zu bedauern, die aus Alhazen und Vitellio die Optik haben lernen müssen. Maurolycus nennt des Vitellio Werk, tam ingens, quam fastidiosum ac prodigiosum volumen (de lumine et vmbra, fin.)

Roger Bacon war ein Franciscaner Mönch, der wegen seiner für die damaligen Zeiten zu großen Gelehrsamkeit der Zauberey beschuldiget, und ins Gefängniß geworfen ward, worinne er lange blieb, bis er durch Vorsprache loß kam, einige sagen, sogar bis an seinen Tod. Es war in Frankreich, wo er gefangen gesetzt ward. Denn so viel man weis, hat er sich in seinem Kloster zu Paris immer aufgehalten, und ist nach ausgestandenem Gefängnisse in sein Vaterland zurückgegangen, wo er 1292. im 78sten Jahre seines Alters zu Oxford gestorben ist. Die Ausgabe des Opus maius führt den Titel: Fratris *Rogeri Bacon*, Ordinis Minorum, Opus maius, ad Clementem Quartum, Pontificem Romanum. Ex MS. codice Dublinensi cum aliis quibusdam collato, nunc primum edidit *S. Iebb*, M. D. Lond. 1733. Fol. Er hatte es zu seiner Vertheidigung aufgesetzt, und giebt darinne fast von allen seinen Entdeckungen Nachricht. Das Werk enthält verschiedene Abhandlungen. Die Perspectiv steht im fünften Theile. Der Name, Opus maius, bezieht sich auf ein anderes Werk, opus minus und opus tertium, von ihm, die er auch an Clemens IV. geschickt hatte, welche aber nur im MS. vorhanden sind. Umständliche Nachricht giebt vom Bacon das Dictionaire de Chaufepié, woraus vorstehendes genommen ist. Die Perspectiv hat Joh. Combach, Professor der Philosophie zu Marpurg, mit dem tractatu de speculis, herausgegeben, Frankfurt 1614. 189 Quartseiten. Sie scheint ein Auszug der damaligen optischen Kenntnisse zu seyn. Auch diese Schrift ist sehr übel zu lesen.

Des Jordanus Nemorarius (um 1235.) Schrift de natura speculorum, des Johann Petsan, oder Leonardus Pisanus Optik, wird jetzt wohl niemand lesen wollen. Wenn man sonst aus diesen Zeiten ja etwas lesen wollte, so könnte ich des Vincentii Bellouacensis speculum naturale, worinne er die Physik nach den 6. Tagewerken der Schöpfung abhandelt, oder des Bartholomäus, eines Franciscaners aus England, Werk, de proprietatibus rerum, vorschlagen, wiewohl ich zweifle, daß man mir dafür Dank wissen werde.

Zweyte

Zweyte Periode.

Von der Wiederherstellung der Wissenschaften bis zu den Entdeckungen des Snellius und Descartes.

Erster Abschnitt.

Optische Entdeckungen, welche noch nicht die Teleskope und Mikroskope angehen, aus den Zeiten vor Keplern.

Von dem Ursprunge der Naturkunde unter den Griechen, bis zu der Periode, welche ich jetzt anfange, verflossen nicht weniger als zweytausend Jahre. In diesem langen Zeitraume fehlte es nie an Männern, welche sich der Untersuchung der Natur widmeten, wenn gleich einige Zeitalter vor andern daran fruchtbar waren; auch stand die Naturkunde jederzeit bey den Gelehrten im besondern Ansehen. Und doch wie wenig von optischen Kenntnissen habe ich unter so vielerley Völkern, aller Mühe ungeachtet, zusammenbringen können? Einige wichtige Beobachtungen, die Grundlehren der Optik, sind den Alten freylich nicht unbekannt geblieben, konnten es auch nicht recht wohl; aber kaum ist uns eine einzige richtige Erklärung der Ursache irgend einer Erscheinung vorgekommen, und von der wahren physikalischen Kenntniß des Lichtes oder des Sehens haben wir gar keine Spuren bemerket. Brillen wurden gegen das Ende der vorigen Periode erfunden. Naturkündiger brauchten sie so gut wie andere Leute. Dem ohngeachtet währete es einige Jahrhunderte, ehe man eine befriedigende Erklärung von ihrer Natur und Wirkung geben konnte.

Zweytausend Jahre müssen denjenigen, welche die Welt schon jetzt ihr männliches Alter in Absicht auf die Wissenschaften erreichen lassen, als eine außerordentlich lange Kindheit vorkommen. Aber wer da bedenket, daß der Fortgang unserer physikalischen Kenntnisse unbeschränkt ist, (denn die Werke Gottes sind, wie ihr Schöpfer, unendlich); daß jede Entdeckung den Weg zu mehrerern bahnet; daß man also hoffen darf, unsere Einsichten werden nicht bloß gleichförmig, sondern sogar beschleuniget zunehmen, wer dabey die erstaunlichen Erweiterungen nicht allein unserer physikalischen sondern überhaupt aller Sachkenntnisse, seit etwas über zweyhundert Jahren nach der Endschaft der langen Barbarey betrachtet: der sieht die schönsten Aussichten erst vor sich liegen. Jeder Tag verspricht ihm neue Aufklä-

 rungen

rungen, neue Entdeckungen. Die Bereicherungen, welche die Naturkunde in den neuesten Zeiten erhalten, der zunehmende Eifer für sie, und die größere Menge ihrer Liebhaber in Europa und Amerika, sind ihm Bürge, daß er sich in seinen Erwartungen nicht betrügen wird, wenn ihm nur die Hülfsmittel, sich zu unterrichten, nicht fehlen.

Maurolycus. Einer der ersten, der nach der Wiederherstellung der Wissenschaften in Europa, sich als Mathematiker und Naturkündiger hervorthat, war **Maurolycus**, Lehrer der Mathematik zu Messina, dem wir einige wichtige Verbesserungen in der Optik zu danken haben. Dieser zeiget in seiner 1575. herausgekommenen Schrift, de lumine et vmbra, daß die krystallene Feuchtigkeit im Auge ein Linsenglas ist, welches die Strahlen von den äußern Gegenständen auf der Netzhaut zusammenbringt, so daß jeder Strahlenkegel darauf seinen Vereinigungspunkt hat. Hierdurch entdeckte er die Ursache, warum einige Menschen kurzsichtig, andere weitsichtig sind. In dem erstern Falle zeiget er, daß die Strahlen jedes Lichtkegels sich zu frühe, ehe sie die Netzhaut erreichen, vereinigen, so wie in dem andern Falle zu späte, so daß der Vereinigungspunkt jenseits der Netzhaut lieget, daher beydemal das Sehen undeutlich ist. Aus eben diesen Grundsätzen erklärte er, wie Kurzsichtige ihrem Gesichtsfehler durch Hohlgläser, Weitsichtige durch erhabene Gläser abhelfen [a]). Ein Hohlglas macht die Strahlen mehr aus einander fahrend, ehe sie ins Auge kommen, weswegen sie sich nicht sobald wie sonst vereinigen können, nachdem sie durch die krystallene Feuchtigkeit gegangen sind; mit dem Converglase verhält es sich umgekehrt.

Es ist wunderbar, daß einer, der den eigentlichen Zweck der krystallenen Feuchtigkeit entdeckte, daß sie nämlich, wie ein Linsenglas, die Lichtstrahlen in einen Punkt zusammenbringen muß, nicht noch den einen Schritt weiter gegangen ist, zu bemerken, daß die Strahlenkegel von jedem Punkte des Gegenstandes auf der Nezhaut ein würkliches Bild davon malen müssen. Er scheint aber doch nichts von diesem zur Theorie des Sehens wichtigem Umstande gewußt zu haben [b]). Montucla muthmaßet, daß die Schwierigkeit, wie man ungeachtet der umgekehrten Lage des Bildes die Sache aufrecht sehen könne, ihn abgehalten habe, darauf zu

a) Montucla histoire, Vol. I. pag. 626. (Priestley hat des Maurolycus Buch selbst nicht in Händen gehabt, wie er in der Folge in einer Anmerkung gesteht, wo er wünschet, daß er es mit Keplers Schriften hätte vergleichen können. Er behilft sich also mit des Montucla Nachrichten von dem Buche. Dieser Geschichtschreiber der Mathematik hat aber den Maurolycus nur mit halben Augen gelesen. Was hier dem Maurolycus von der Natur des Sehens zugeschrieben wird, gehört ihm gar nicht zu. In den Zusätzen zu dieser Periode werde ich von dem Sicilianischen Schriftsteller eine genauere Nachricht geben. Ich würde mir die Freyheit genommen haben, den Text meines Originals zu ändern, wenn ich nicht die Unrichtigkeiten zu einem Beyspiele hätte stehen lassen wollen, wie übel man daran ist, wenn man mit fremden Augen zu sehen genöthiget wird. K.)

b) Er konnte es nicht; seine falsche Theorie hinderte ihn daran. K.

zu kommen. Selbst Kepler, der diese Entdeckung machete, hätte sie darüber bald verfehlet.

Bau des Auges. Um die Entdeckungen über die Natur des Sehens auch ungeübten Lesern begreiflich zu machen, muß ich hier das nöthige von dem Baue des Auges beybringen [c]). Dieses Werkzeug des Sehens gleicht fast einer Kugel und ist in drey Kammern abgetheilet, deren jede mit einer sogenannten **Feuchtigkeit** angefüllet ist, wovon aber nur zwey flüssig sind. Das Auge hat ferner drey **Häute**, wovon die äußere, a a, die **harte Haut**, (sclerotica) heißt. Diese ist dick und stark, und in dem Vordertheile, A A, welchen man die **Hornhaut** (cornea) nennt, durchsichtig und etwas hervorragend. Die folgende, c c, die **adrichte Haut**, (choroides) genannt, hat bey p p eine Oeffnung, welche man durch die durchsichtige Hornhaut sehen kann. Dieses ist der **Stern** (pupilla). Das übrige der adrichten Haut, bp, bp, das unter der Hornhaut liegt, ist bey einem Menschen anders gefärbt als bey dem andern, und heißt die **Farbenhaut** (Iris [d]). Sie bestehet aus muskulösen Fibern, wovon ein Theil ringförmig ist, die von den andern unter rechten Winkeln durchkreuzet werden. Die erstern dienen, den Stern zusammenzuziehen, die letztern ihn zu erweitern [e]). In einer kleinen Entfernung hinter dem Sterne ist eine weiche aber durchsichtige Substanz, C C, befestiget, welche die Gestalt eines auf beyden Seiten erhabenen Glases hat, und die **krystallene Feuchtigkeit** genannt wird. Die Ligamente, dadurch sie gehalten wird, heißen ligamenta ciliaria, oder processus ciliares [f]). Hinten im Auge, aber nicht dem Sterne gerade

fig. 7.

 gegen

c) Lesern, die keine Naturkündiger sind, empfehle ich die **Betrachtungen über das menschliche Auge von J. F. Häseler, Predigern in Wolfenbüttel.** Hamburg, 1771. 212 Octavseiten. Weitern Unterricht findet man außer den zahlreichern ältern Schriften in der descriptione anatomica oculi humani iconibus illustrata, auct. *I. G. Zinn.* Gottingae, 1754 272 p. 4to. welche sich, wie der Titel anzeiget, bloß auf die Anatomie einschränket. Das physiologische, physikalische und philosophische von der Betrachtung des menschlichen Auges, nebst der Vergleichung der Augen der Thiere mit dem menschlichen, trifft man an in dem treatise on the eye, the manner and phaenomena of vision, by *W. Porterfield*, Edinburgh 1759. 2 voll. 8vo 450 und 434 S. 8 Kupf. K.

d) Die Hinterfläche der **Iris**, welche mit einem schwarzen Leime überzogen ist, heißt die **Traubenhaut** (uvea), wiewohl die Aderhaut selbst bey manchen so heißt. Zinn, l. c. p. 82. K.

e) Die Existenz der ringförmigen Fibern ist noch sehr zweifelhaft. Vielleicht sind gewisse kleine Arterien dafür angesehen worden. Zinn, l. c. pag. 89. 93. Ob die andern Fibern muskulös sind, ist noch nicht ausgemacht, wiewohl es von den meisten angenommen wird. **Von Haller** saget, daß die Erweiterung und Verengerung des Sternes bloß durch den stärkern oder schwächern Zufluß der Säfte in die farbenlose Gefäße (vasa decolora) der **Iris** bewerkstelliget werden. Zinn, l. c. p 91. **Zinn** nennt die **Iris** bloß annulum membranaceum, wiewohl er doch geneigt ist, muskulöse Fibern darinne anzunehmen. K.

f) Die Processus ciliares sind nach **Zinn** (p. 74.) **nichts anders**, als die Falten der Aderhaut, welche sich, wenn sie vorne im Auge die harte Haut verläßt, einwärts ziehet, und über den Rand der Krystalllinse leget. Diese Falten liegen auf der Vorderseite der Linse ganz frey auf, ohne mit ihr verbunden zu seyn. Es ist wahr, fast alle Anatomiker glauben, daß die processus ciliares

gegen über, tritt der Sehenerve, N N, ein, der sich ringsherum bis an die ligamenta ciliaria ausbreitet, und die Netzhaut (retina) ausmachet.

Außer den beyden angeführten Häuten, ward noch eine dritte vom Ruysch entdecket, und heißt nach ihm tunica Ruyſchiana g). Sie schließt sich dicht an die Aderhaut, nur daß sie bey den ligamentis ciliaribus sich davon trennet, und über die Hinterfläche der Krystalllinse geht. Das ganze Auge ist inwendig, ausgenommen die Hinterfläche der Linse, und den gegen über liegenden Theil der Netzhaut, mit einer dicken schwarzen Substanz überzogen, welche alles Licht, das von der Netzhaut zurückgeworfen wird, verschlucket, damit es nicht wieder darauf zurückgeworfen werde, und der Deutlichkeit der Bilder schaden möge.

Die Kammer zwischen der Krystallinse und der Hornhaut ist mit einer dünnen Feuchtigkeit, die **wässerichte** genannt, angefüllet, und die größere Kammer hinter der Linse mit einer andern, die **glasartige** benamet.

fig. 8. Die krystallene Feuchtigkeit muß man sich wie ein Linsenglas, H H, vorstellen, wodurch die Strahlen von jedem Punkte des Gegenstandes S T R zu ihren Vereinigungspunkten auf der Netzhaut in s t r gebracht werden.

Maurolycus erklärt, wie das Bild der Sonne durch eine eckichte Oeffnung rund erscheinet.

Maurolycus fand auch die wahre Auflösung einer Frage, welche schon seit dem Aristoteles die Optiker bemühet hatte, nämlich wie es zugehe, daß das Bild der Sonne in einem verfinsterten Zimmer rund erscheint, wenn gleich die Oeffnung, wodurch die Strahlen gehen, eckigt ist. Er bemerket, daß jeder Punkt der Oeffnung der Scheitelpunkt eines gedoppelten Kegels ist, wovon einer seine Grundfläche auf der Sonnenscheibe, der andere auf der gegen über stehenden (mit der Oeffnung parallelen) Wand hat. Das ganze Bild besteht also aus einer Menge runder Bilder der Sonne, und wird daher, wenn man es in einer ziemlichen Entfernung von der Oeffnung auffängt, wo es gegen die Fläche der Oeffnung groß ist, sich der Kreisfigur desto mehr nähern, je kleiner die Oeffnung, und je größer die Entfernung ist h).

Zu

liares mit der Krystalllinse aufs stärkste verbunden sind, besonders die, welche die Veränderung der Krystalllinse in Absicht auf ihre Lage und Figur dadurch bewirken wollen, und darum sie aus muskulösen Fibern bestehen lassen. Man sieht aber dergleichen Fibern selbst mit dem stärksten Vergrößerungsglase nicht. (Zinn, S. 70.) Die Krystalllinse ist mit einer höchst durchsichtigen Haut, einer Kapsel, umgeben, in welche auf der vordern Seite eine Art von Gürtel (zonula, corona ciliaris) von der tunica vitrea, (der Membrane, welche die gläserne Feuchtigkeit einschließt), zwischen dieser Feuchtigkeit und dem ligamento ciliari, hineingeht, und die Linse an ihrer Stelle erhält. (Zinn, p. 121. 136.) K.

g) Die tunica Ruyſchiana, die im Anfange mit Beyfall angenommen worden, ist in den neuern Zeiten von verschiedenen, als von Albinus, Hallern, Zinn, verworfen. Herr Priestley rechnet hier die beyden Lamellen der Aderhaut für zwey Häute, und scheinet die Netzhaut nicht mit zu zählen, die so viel ich weis, immer als die dritte, auf die harte und die; adrichte, diese mag einfach oder doppelt seyn, folgende Haut gezählet wird. K.

h) Montucla hiſtoire vol. I. p. 627. Savérien p. 245.

Porta, Erfinder der camera obscura.

Zu gleicher Zeit mit Maurolycus machte Johann Baptista Porta, aus Neapel, eine merkwürdige Entdeckung, welche die Natur des Sehens gar sehr erläutert. Denn ihm hat man die Erfindung des verfinsterten Zimmers (camera obscura,) eines der artigsten und unterhaltendsten Versuche in der Optik, zu danken. Dieser Gelehrte wandte vielen Fleiß auf die Arzeney- und Naturwissenschaft, und sparte keine Mühe und Kosten, sowohl auf seinen Reisen sich von jeder wissenswürdigen Sache zu belehren, als auch durch Versuche sich von der Wahrheit der erhaltenen Nachrichten zu versichern. Freylich findet man nicht wenig Fehler in seinen Schriften, welche man ihm aber wegen der so häufigen Vorurtheile seines Zeitalters leicht vergiebt. Sein Haus ward von allen geschickten Leuten zu Neapel beständig besuchet. Er errichtete auch eine so genannte Akademie der Geheimnisse, davon jedes Mitglied verbunden war, etwas noch nicht sehr bekanntes und zugleich nützliches mitzutheilen.

Hierdurch verschaffte er sich die Materialien zu seiner Magia naturalis, worinn die Beschreibung des verfinsterten Zimmers vorkömmt, und die zum erstenmahle um 1560, also 15 Jahr vor des Maurolycus oben angeführter Schrift herauskam, wie er, seiner eigenen Nachricht zufolge, noch nicht funfzehen Jahre alt war. Dieserhalben hätte ich ihm den Vortritt vor Maurolycus geben können. Weil Maurolycus aber weit älter ist (denn er starb im 81 Jahr seines Alters, in eben dem Jahre, da sein Buch herauskam) und ich nicht weis, ob die Nachricht von der Camera obscura schon in der ersten Auflage der Magia naturalis steht, welche dreyßig Jahr hernach mit vielen Vermehrungen wieder herausgekommen ist: so habe ich diese beyden Naturkündiger lieber nach ihrem Alter setzen wollen, zumal da sie sich nicht bekannt gewesen zu seyn scheinen. Denn ich erinnere mich nicht, daß Porta jemals den Maurolycus anführet, oder von seinen Entdeckungen etwas gewußt zu haben scheint, welches ich wirklich nicht begreife.

Der Römische Hof schöpfte über die Versammlungen beym Porta Argwohn, und verbot sie, welches nach den damaligen Zeiten nichts befremdendes ist. Porta scheint sonst ein guter Katholik gewesen zu seyn. Denn von einem Franzosen, der ihn einen Zauberer und Beschwerer genannt hatte, erzählet er, daß er bey näherer Nachforschung gefunden habe, dieser Mensch sey ein Ketzer, der am Bartholomäus Tage zu Paris mit genauer Noth durch einen Sprung von einem Thurme sein Leben gerettet habe. Er bitte aber, wie es einen Edelmann und Christen gezieme, aufrichtig zu Gott um dessen Bekehrung, damit er nicht lebendig verbrannt werden möge. (Vorrede zur Magia nat.)

Dieses Werk ward sogleich nach der ersten Ausgabe ins Italienische, Französische, Spanische und Arabische übersetzet, und in verschiedenen Ländern zum öftern aufgeleget. Es ist eine weitläuftige Sammlung von allen damals bekannten wissenswürdigen Dingen aus dem Gebiete der Natur und Kunst. Porta hat überhaupt einen angenehmen Vortrag. Er scheint mit den Meynungen der Alten in allen philosophischen Materien wohl bekannt gewesen zu seyn, und gebrauchet seine

Gelehrsamkeit zur Ausschmückung seiner Schriften. Besonders nimmt man dies an seiner Abhandlung über die Strahlenbrechung wahr.

Seine Beschreibung des verfinsterten Zimmers ist kurz, aber deutlich. Zuerst bemerket er (Magia nat. c. 17) wenn man in einen Fensterladen ein kleines Loch machet, daß alle äußern Gegenstände auf einer dagegen gehaltenen Fläche, mit ihren Farben, sich abmalen; und daß diese Bilder noch weit deutlicher werden, wenn man ein Converglas in die Oeffnung stellet, und sie in dem Vereinigungspunkte des Glases auffängt. Man könne alsdenn selbst die Gesichtszüge der Personen außerhalb des Zimmers inwendig erkennen.

Manche, saget er ferner, hätten sich zwar bemühet, die Bilder aufrecht darzustellen, aber es könne nichts helfen, weil sie dadurch so dunkel werden, daß sie alle Schönheit verlieren. Durch einen gehörig angebrachten Hohlspiegel ließe sich dieser Zweck zur völligsten Zufriedenheit erreichen.

Porta vergaß auch nicht zu bemerken, daß man durch Hülfe des verfinsterten Zimmers sehr genaue Abzeichnungen von Menschen und allen Dingen machen, und die Sonnenfinsternisse sehr bequem beobachten könne [i]).

Eine Zeichnung wird einigen Lesern die Wirkung der Camera obscura begreiflich machen. Die Figur innerhalb des Zimmers stellet den Gegenstand draußen vor, und zwar umgekehrt, weil die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gegenstandes ins Zimmer kommen, in der Oeffnung sich kreuzen.

Porta gieng noch weiter, und nahm statt wirklicher Gegenstände außerhalb des Zimmers kleine Bilder, die er so stellete, daß das Linsenglas in dem Fensterladen sie vergrößerte. Gerade vor diesem Glase nämlich befestigte er einen hohlen Würfel von Papier, dessen vordere Seite sehr dünne war, und entwarf darauf eine beliebige Zeichnung. Darauf gab er dieser Seite die gehörige Entfernung vom Glase: so konnte er durch Hülfe des Sonnenlichtes ein Nachbild der Zeichnung im Zimmer darstellen. Zugleich machte er die Vorderseite des Würfels beweglich, und konnte dadurch dem Bilde jede beliebige Bewegung geben: ein Kunststück, das in den damaligen unwissenden Zeiten übernatürlich scheinen mußte. Auf diese Art erzählet er, habe er zum Erstaunen der Zuschauer Vorstellungen von Jagden, Schlachten und andere dergleichen außerordentliche lebendige Gemälde hervorgebracht. Hiervon kam in der Folge Kircher auf die Erfindung der Zauberlaterne, die das bey Nacht, und in mancher Absicht schicklicher leistet, was Porta bey Tage bewerkstelligte [k]).

fig. 9.

Kircher erzählet, daß er nach des Porta Manier einmal eine vortreffliche Vorstellung der Kreuzigung gesehen habe. Auf gleiche Art wurde der Kayser Rudolph von seinen Mathematikern mit einer Procession aller Kayser, vom Julius Cäsar bis auf ihn selbst, belustiget.

Porta beweist, daß das Auge durch etwas von außen her gerühret werde.

Die Versuche in dem dunkeln Zimmer überzeugten den Porta, daß das Sehen durch etwas, das von außen ins Auge kömmt, nicht durch Strahlen, die von dem Auge

i) Magia naturalis Lib. 17. c. 6.

k) Schotti magia vniuersalis vol. I. p. 198.

Auge ausfließen, bewirket werde. Er war der erste, der sich und andere davon völlig überführte, ob gleich einige Naturkündiger noch bey der alten Meynung blieben. Eine gute Geschichte der alten Meynungen findet man in seiner Schrift de refractione p. 87. Wirklich ist auch die Aehnlichkeit zwischen der Entstehung der Bilder im verfinsterten Zimmer, und der Art, wie das Sehen ins Auge bewirket wird, zu auffallend, als daß auch ein minder scharfsinniger Kopf sie hätte unbemerket lassen können. Aber bey der Vergleichung des Auges mit der Camera obscura, wo er den Stern die Oeffnung im Laden seyn läßt, irret er sich in so ferne, daß er die Krystallinse für das weiße Papier, worauf die Bilder sich malen, ansieht. Kepler zeigte zuerst im J. 1604. daß die Netzhaut dieses Papier sey [l]).

Porta saget, daß die Bilder der Gegenstände auf die Krystallinse durch den Stern kommen, der die Stelle eines getreuen Thürhüters vertrete [m]). Daß sie das Hauptwerkzeug des Sehens sey, erhellet nach ihm daher, weil sie in der Mitte des Auges, der vornehmsten Stelle, befindlich ist, wo jedes der benachbarten Theile seine Dienste ihr am leichtesten erweisen kann. Er zeiget auch umständlich, wie jedes Stück des Auges, seiner Meynung nach, sein Amt in dieser Absicht erfülle [n]).

Um einen Begriff von dem Zustande der Optik in dem Zeitalter des Porta zu geben, werde ich noch etwas von seinen Bemerkungen über das Sehen, die Theorie des Lichtes überhaupt, und die vornehmsten Ereignisse dabey anführen.

Einige optische Sätze des Porta.

Ueber das Sehen machet er manche gute Anmerkungen, und erkläret verschiedene Fälle, da man etwas als wirklich zu sehen glaubt, daß doch bloß ein von innwendig verursachter Anschein ist. Er untersuchet die verschiedenen Meynungen, wie einige Leute des Morgens beym Erwachen, im dunkeln sehen können, und zeiget ganz deutlich, daß dieses hauptsächlich von einer großen Erweiterung des Sternes herrühre [o]).

Er bemerket, daß der Stern im starken Lichte sich unwillkührlicher Weise zusammen ziehe, so wie er hingegen bey schwachem Lichte sich erweitere. Jeder, saget er, könne sich hievon überzeugen, wenn er das Auge eines andern betrachte, einmal, wenn dieser sich gegen die Sonne gewandt habe, und denn, wenn er sich sogleich darauf an einen schattichten Ort begebe [p]).

Geschichte der Beobachtung der Veränderung in der Weite des Sternes.

Inzwischen gehöret diese Bemerkung nicht dem Porta zu. Daß der Stern bey starkem Lichte sich verengert, hat schon Achillinus im J. 1522. bemerket. Auch den Arabern, Rhazes und Avicenna, war es bekannt [q]). Ja selbst Galenus spricht davon. Auch der berühmte Pater Paul von Venedig, hat, nach dem Porterfield [r]), als zweyter Erfinder einen gegründeten Anspruch auf die Ehre, es für sich

l) de refractione p. 91.
m) Ib. p. 73.
n) Ib. p. 82.
o) Ib, p. 158.
p) Ib. p. 74.
q) Halleri Physiologia. vol. 5. p. 374.

r) Treatise on the eye, vol. 2. p. 93. (Unter diesem Paul von Venedig verstehe ich den Verfasser der Geschichte des Tridentinischen Concilium, dessen Einsichten in die Medicin, Anatomie und Mineralogie gerühmet werden. K.)

sich bemerkt zu haben. Galenus glaubte nämlich, daß der Stern sich nicht anders erweitere, als wenn das eine Auge geschlossen wäre, und daß er sich verengere, wenn man es wieder aufthue [s]). Diese Meynung ward überall angenommen, bis **Fabricius ab Aquapendente**, Nachfolger des großen **Fallopius** zu Padua, an einer Katze bemerkte, daß der Stern sich erweiterte und verengerte, wenn auch beyde Augen offen waren. Er gerieth hierüber in Verlegenheit, bis ihm der Pater **Paul von Venedig** heraushalf, der durch wiederholte Erfahrungen fand, daß nicht allein an Katzen, sondern auch an Menschen der Stern bey starkem Lichte enger, bey schwachem weiter werde. Es scheinen also alle Aerzte und Naturkündiger die schon gemachte Beobachtung vergessen zu haben. Der berühmte **Montanus von Padua**, der 1551. starb, sahe es an zweenen seiner Patienten als etwas unnatürliches an, daß der Stern bey starkem Lichte enger, bey schwachem weiter ward [t]).

Noch einiges vom Porta.

Wie hohle oder erhabene Gläser dem Gesichte zu Hülfe kommen können, versucht Porta zu erklären, ohne das, was Maurolycus und andere davon gesaget haben, zu kennen [u]). Seine Erklärung taugt aber nichts. Er meynt, daß bey Alten der Stern zu weit, und die Feuchtigkeiten zu dicke wären, und daß sie deswegen die Sachen weiter von sich halten müßten [v]); so wie bey jungen Personen der Stern zu enge sey, als daß sie deutlich sehen könnten. Diesen werde durch Hohlgläser geholfen [w]). Er erzählt umständlich die Hypothesen, wodurch man erklären wollen, wie man mit zwey Augen nur einfach sieht. Seine Meynung ist, man sehe niemals mit mehr als einem Auge zugleich, welches er sogar aus der Erfahrung beweisen will [x]) So wunderbar und vielen klaren Erfahrungen zuwider diese Meynung ist, so ist sie doch von Schriftstellern eines erleuchtetern Zeitalters als des Porta seines war, behauptet worden.

Nachdem er von dem Nutzen der Hohlgläser zur Betrachtung entfernter Gegenstände, und der erhabenen bey nahen Dingen geredet hat, setzet er hinzu, wenn man sie gehörig zu stellen wisse, werde man im Stande seyn, sowohl nahe als entfernte Dinge damit deutlich zu sehen. Er selbst habe guten Freunden auf diese Art geholfen. Dieses sieht, wie oben bey dem Mönche Bacon, wieder wie ein Fernrohr aus. Aus andern Gründen ist aber sehr wahrscheinlich, daß Porta von einem solchen Werkzeuge nichts gewußt, sondern bloß die Brennweiten einfacher Gläser durch eine gewisse Verbindung derselben verlängert oder verkürzet habe [y]). Porta machet noch folgende richtige Beobachtung, die Wirkung der Strahlenbrechung betreffend; nämlich, daß eine runde flache Ebene, ins Wasser getaucht, dem Auge, das senkrecht über der Mitte gehalten wird, hohl und vergrößert erscheine, weil der Rand durch die Brechung erhoben werde. Er erkläret die Art, wie dieses geschieht, ganz wohl durch eine Zeichnung [z]). Eine nähere Bestimmung dieser scheinbaren Krümmung

s) de vsu part. L. 10. c. 5.
t) Consultationes, nr. 91. 92.
u) de refractione, p. 175.
v) Ibid. p. 137.
w) Ibid. p. 188.
x) Ibid. p. 142.
y) Montucla histoire vol. I. p. 629. Mem. de l'acad. des Scienc. 1717.
z) de refract. p. 19.

mung wird man in der Folge dieser Geschichte antreffen. Diese Bemerkung machte unser Verfasser gewiß aus der Erfahrung, nicht aus der Theorie. Umgekehrt aber ist es, wenn er behauptet, daß man in einer großen Entfernung Schießpulver anzünden, und Schlösser in die Luft sprengen könnte, wenn man die Sonnenstrahlen erst in einen Brennpunkt durch einen Hohlspiegel vereinigte, und sie darauf durch Hülfe eines Planspiegels parallel fortsendete.

Alhazen hatte behauptet, das Licht werde nicht in einem Augenblicke fortgepflanzet. Seine Gründe sind subtile metaphysische Schlüsse, welche Porta zu wiederlegen suchet, wiewohl durch keine bessere, ausgenommen daß er sich auf die Erfahrung berufet [a]). Porta nimmt einen Unterschied zwischen wahren und falschen Farben, wie die Alten, an [b]). Das Licht selbst hält er für farbenlos, wiewohl es nach seinen Gedanken von äußern Ursachen, als von durchsichtigen Substanzen, gefärbet werden kann. Nicht durch Zurückstrahlung sondern durch Brechung sollen die Farben im Regenbogen entstehen, wobey er aber nicht die Brechung in einzelnen Tropfen, sondern in der ganzen Masse des fallenden Regens, als eines einzigen, von der Luft in Absicht auf die Dichtigkeit verschiedenen Mittels versteht [d]). Die Verschiedenheit der Farben soll aus einer Mischung des Lichts und der dichtern oder dünnern Theile der Luft entstehen. Daß Farben eine Mischung von Licht und Dunkelheit sind, wie die meisten unter den Alten glaubten, verwirft er [e]).

Lord Bacons Gedanken vom Lichte.

Der große Lord **Bacon**, ein Zeitgenosse des Porta, aber doch jünger als dieser, er, der den mangelhaften Zustand der Naturwissenschaft zu seiner Zeit und die Ursachen davon so richtig einsah, der so manchen vortreflichen Fingerzeig zu ihrer Erweiterung gab, (wovon man in der Folge sehr guten Gebrauch gemachet hat,) bedauert es sehr, daß man die Form und den Ursprung des Lichts bis dahin so wenig untersuchet hätte, da man doch mit der Perspectiv (Optik) sich soviel Mühe gegeben habe. Aber in dieser Wissenschaft, saget er, werde der Weg des Lichts bloß mathematisch betrachtet, und das Physikalische bey Seite gesetzet. Dieses rechnet er demnach unter die **Desiderata** seiner Zeit, und wünschet, daß man es fleißiger untersuchen möge [f]).

In einem andern Werke leget er zwölf Fragepunkte, das Licht betreffend vor, welche von solchen, die auf den Fortgang der Wissenschaften achtsam sind, nicht anders als mit Vergnügen gelesen werden können; weil sie sowohl den mangelhaften Zustand der damaligen Kenntnisse beweisen, als auch zeigen, wie sehr er diese Unvollkommenheit eingesehen habe. Eine von den Fragen, die dieser große Mann gerne durch die Erfahrung will beantwortet haben, ist, ob das Licht sich nach allen Richtungen gleichförmig ausbreite; denn von der Hitze glaubet er, daß sie aufwärts steige. Ferner, ob die Luft zur Fortpflanzung des Lichts nöthig sey, und ob

a) de refractione p. 95.
b) Ib. p. 215.
c) Ib. p. 190.
d) Ib. p. 202.
e) Ib. p. 190.

f) de augmentis scientiarum in Bacon's Works vol. 2. p. 136. (nach der Frankfurter lateinischen Ausgabe, 1655. fol. pag. 119. K.)

ob das Licht auch, wie der Schall, durch den Wind aufgehalten werde [g]). Sichtbare und hörbare Sachen kommen, wie er saget, darinn überein, daß von beyden keine körperliche Substanzen ausfahren, oder eine in die Augen fallende Bewegung des umgebenden Mittels verursachet wird: sondern daß bloß gewisse species spirituales von ihnen entstehen, deren Natur aber unbekannt ist [h]). Die Luft, meynet er, sey das schicklichste Mittel, die Empfindungen sowohl des Gesichts als des Gehörs zu erregen, nur daß ein starker Wind das Licht, nicht so sehr wie den Schall, schwächen werde [i]).

Die große Vorsichtigkeit, welche dieser Philosoph bey den Untersuchungen über die Natur gebrauchet wissen will, zeiget sich darinn, daß er ansteht, daraus, weil eine Sache unterm Wasser einem Auge in der Luft vergrößert erscheint, zu folgern, eine Sache in der Luft werde einem im Wasser befindlichen Auge verkleinert vorkommen. **Wie es hierbey zugehe**, saget er, **weis ich nicht** [k]).

Wie wenig ohne wirkliche Erfahrungen Männer von den größesten Geisteskräften fortzukommen im Stande sind, selbst da, wo sie die klärеste Analogie zur Führerinn haben, können Lord Bacons Schlüsse darthun, die er über die Möglichkeit machet, ein Bild vermittelst einer zurückstrahlenden Fläche zu sehen, ohne daß man die Fläche selbst sieht. Da die hiervon handelnde Stelle nicht lang und sehr merkwürdig ist, so will ich sie ganz hersetzen, den Philosophen zur Aufmunterung, daß sie, bey einem solchen Vorgänger, wie Lord Bacon ist, sich nicht scheuen mögen, auch aufs Gerathewohl Vermuthungen hinzuwerfen, wenn sie nur die entfernteste Aussicht haben, dadurch zur Entdeckung der Wahrheit etwas beytragen zu können.

Stelle aus dem Bacon von Luftbildern.

„Es wäre der Mühe werth zu untersuchen, ob nicht die Zurückstrahlung so „gut, wie das gerade auffallende Licht, große Brechungen bewirken könnte. Z. E. „man nehme ein leeres Becken, lege ein Goldstück, oder sonst was hinein; gehe „darauf soweit zurück, bis das Goldstück verschwindet, weil man es nach der geraden Linie nicht mehr sehen kann; fülle alsdenn das Gefäß mit Wasser, so wird „man es durch die Brechung an einer andern Stelle erblicken, als wo es wirklich „liegt. Um weiter zu gehen, setze man einen Spiegel in das mit Wasser gefüllte „Gefäß. Dann, denke ich, wird man das Bild nicht nach der geraden Linie, „oder durch die Zurückstrahlung unter gleichen Winkeln, (at equal angles) sondern „zur Seite (wide) sehen. Ich weis nicht, ob dieser Versuch nicht auch so sich einrichten lasse, daß man, ohne den Spiegel zu sehen, das Bild sehen könnte. Dies „wäre eine so schöne als neue Sache, weil man das Bild, wie einen Geist, in der „Luft schweben sehen würde. Z. E. einem Wasserbehälter oder Teiche gegen über „stelle man das Bild des Teufels, oder was man sonst will, ohne daß man das „Wasser sehe. In das Wasser setze man einen Spiegel. Kann man nun seitwärts „(aside)

g) Ibid. vol. 2. p. 113.

h) Ib. p. 198. (Ed. Francof. p. 810. wo sie propagines spiritales heißen.)

i) Ib. p. 199. (Ed. F. p. 811.)

k) Ib. p. 154. (Ed. F. p. 911.)

„(aside) das Bild des Teufels erblicken, ohne daß das Wasser in die Augen fällt, „so wird es wie der Teufel selbst aussehen. Man hat eine alte Sage in Oxford, „daß der Mönch Bacon durch die Luft von einem Kirchthurme zum andern spazie„ret sey, dies sollte er, wie man damals glaubte, durch Gläser bewerkstelliget ha„ben, ob er gleich auf der Erde gieng [l].„

Geschichte des Kunststücks, Luftbilder zu machen.

Das Kunststück Luftbilder zu machen, kann man bis zum Vitellio hinauf leiten, dessen Gedanken darüber von einem Schriftsteller zum andern, mit beträchtlichen Zusätzen, bis zum Bacon gegangen sind. Vitellios Einfall ist, vermittelst eines cylindrischen erhabenen Spiegels die Bilder außerhalb des Spiegels in der Luft darzustellen, ohne daß man den Gegenstand sieht [m]. Aus der Beschreibung der dazu nöthigen Vorrichtung erhellet, daß der Spiegel innerhalb eines Zimmers, der Zuschauer und der Gegenstand außerhalb desselben seyn sollten. Seine Beschreibung ist aber sehr undeutlich, und wenn mans untersuchet, wird man die Sache nach seiner Manier unmöglich finden. Ist ihm wirklich ein Versuch gelungen, so muß er sich auf irgend eine Art betrogen haben.

Porta saget, man könne bloß mit einem Planspiegel Luftbilder hervorbringen. In der umständlichern Beschreibung seiner Manier, das Kunststück zu machen, giebt er einen Planspiegel mit einem Hohlspiegel verbunden an [n]).

Kircher redet auch von der Möglichkeit solche schwebende Bilder zu machen, und glaubet, daß sie von der dicken Luft zurück geworfen werden. Eine der artigsten und besten Einrichtungen sie hervor zu bringen ist diejenige, welche er in seiner Ars magna lucis et vmbrae p. 783. beschreibt. Auf den Boden eines hohlen polirten Cylinders wird ein Gemälde gelegt, worauf es wie ein körperlicher Gegenstand in der Mündung des Gefäßes erscheint. Auf diese Art, erzählet er, habe er einmal die Himmelfahrt Christi so vollkommen vorgestellet, daß die Zuschauer sich nicht hätten wollen überreden lassen, es wäre ein bloßes Luftbild, bis sie sich durchs Zugreifen überzeugt hätten.

Zusätze des Uebersetzers.

Franciscus Maurolycus ist 1494 zu Messina gebohren. Sein Geschlecht stammte aus Constantinopel her. Er ward 1521 Priester, und lehrte öffentlich die Sphäre und die Elemente Euklidens. Bey verschiedenen vornehmen Herren war er sehr in Ansehen, besonders bey einem **Marquis de Gerace**, der ihm die Abtey Stae Mariae de Partu, nahe bey Castronuovo gab. Er fuhr als Abt fort,

l) Bacon's works, vol. 3. p. 155. (Ed. F. p. 911. Die Stelle ist aus der sylua syluarum, oder historia naturali, einem ursprünglich englisch geschriebenen Werke. Die beyden in meiner Uebersetzung beygeschriebenen Worte, wide und aside, sind im lateinischen durch obliqua und ex obliquo ausgedrücket. K.)

m) Optica p. 308. L. 7. prop. 60.

n) Magia nat. L. 7. c. 5.

fort, die Mathematik in Messina zu lehren. Wegen seiner Vorhersagungen, besonders, weil er dem D. Juan von Oesterreich den Sieg gegen die Türken geweißaget hatte, war er sehr berühmt. Er starb 1575. Außer verschiedenen andern Schriften, darunter auch viele Ausgaben alter Mathematiker sind, hat man von ihm die optische Schrift: Photismi de lumine et umbra, ad Prospectivam radiorum et incidentiam facientes. Venetiis 1575. 4. Messinae 1613. 4. (Dictionaire de Chaufepié).

Die Ausgabe seiner optischen Abhandlungen, welche ich vor mir habe, führet den Titel: *Fr. Maurolyci*, Abbatis Messanensis, theoremata de lumine et umbra, ad perspectivam et radiorum incidentiam facientia; Diaphanorum partes, seu libri tres, in quorum primo de perspicuis corporibus; in secundo de Iride; in tertio de organi visualis structura et conspicillorum formis agitur: Problemata ad Perspectivam et Iridem pertinentia. His accesserunt *Christoph. Clavii* e S. I. notae etc. Lugduni apud B. Vincentium. 1613, 94 pagg. 4. In der ersten dieser Abhandlungen saget M. nichts merkwürdiges, wenn ich die oben angeführte Untersuchung, über die Figur des Bildes eines leuchtenden Körpers, ausnehme. Die Strahlen, welche von einem Punkte auf einen Hohlspiegel fallen, saget er, kommen beynahe wieder in einen Punkt zusammen. Wo aber? bestimmet er nicht. In den Diaphanis saget er, (th. 10.) die Neigungswinkel der einfallenden Strahlen gegen das Einfallsloth seyn den gebrochenen Winkeln proportional, und will dieses aus dem Euklideischen Begriffe von der Proportion herleiten, wobey er sich aber auf ein falsches Axiom gründet. In Absicht auf die Brechung der Strahlen durch eine Glaskugel zeiget er nur, daß die von einem Punkte herkommenden, oder parallele Strahlen, den ungebrochen durchgehenden Strahl nicht innerhalb der Kugel schneiden. Die übrigen Sätze von dem Vereinigungspunkte der Strahlen durch eine Kugel enthalten nichts bestimmtes über den Ort desselben. Eine Kugel, saget er (th. 23.) entwirft ein Bild der leuchtenden Sache, weil die Strahlen fast in einem Punkte auf dem ungebrochenen zusammenkommen. Daher lasse sich erklären, warum Brillengläser ein verkehrtes Bild in einer gewissen Entfernung darstellen. Denn sie bestehen aus Kugelflächen. Sie geben ein deutlicher Bild als eine Kugel, weil ihre Oberflächen kleine Kugelabschnitte sind, wodurch die Strahlen noch besser in einen Punkt zusammen gebrochen werden, als durch eine ganze Kugel. Dies ist seine ganze Theorie von Brillen, der Inhalt eines Corollariums. Was er von dem Regenbogen lehret, verspare ich in die Zusätze zu dem folgenden Abschnitte, und gehe zu seinen Betrachtungen über das Auge und die Brillen.

Die krystallene Feuchtigkeit, saget er, sey das Hauptstück, worinne die Sehekraft (virtus visiua) ihren Sitz habe. Sie sey vorne flächer als hinten, damit mehr Platz gewonnen werde, um die Formen der sichtbaren Dinge aufzunehmen. Die Bilder der äußern Gegenstände scheint er auf die Linse zu setzen. Denn er drücket sich ferner aus: Hic humor (crystallinus) in visione recipit species, receptasque per opticum neruum ad communis sensus iudicium defert. — Qui autem

tem facit ad transmittendum, is est humor albugineus siue aqueus, per quem traiiciuntur species. Die Aderhaut diene, saget er, Schatten zu geben, und dadurch die Strahlen empfindbarer zu machen, so wie man in einem schattichten Zimmer die hereinfallenden Strahlen auch besser sehe, und wie man auch bey zu starkem Lichte die Hand oder einen Schirm vors Auge halte. Dieses sind, wie man sieht, noch sehr fehlerhafte Begriffe vom Auge. Hierauf stellet Maurolycus eine Vergleichung zwischen Brillengläsern und der Krystalllinse an. Strahlen, die innerhalb eines Convexglases parallel mit der Axe sind, werden beym Ausfahren nach der Axe zu gebrochen, und dieses desto mehr, je erhabener das Glas ist. Durch ein Concavglas aber werden sie aus einander gebrochen, wiederum desto stärker, je größer die Krümmung ist. Daher rühre die Linsengestalt der krystallenen Feuchtigkeit. Sie hätte nicht dürfen kugelförmig seyn, damit nicht die Strahlen, welche durch den Mittelpunkt giengen, sich daselbst kreuzen, und auf dem Sehenerven ein verkehrtes Bild entwerfen möchten, wodurch man die Gegenstände verkehrt sehen würde. Bey der Linsengestalt aber kämen die Strahlen, ehe sie sich kreuzten, auf den Sehenerven, und stellten das Bild der Sache (speciem) in seiner gehörigen Lage vor. Er giebt es für bewiesen aus, daß man jeden Punkt einer Sache durch eine einzige Linie sehe, weil man ihn sonst vervielfältiget erblicken würde. Erfüllte jeder Punkt des Gegenstandes die Oberfläche mit Strahlen, so würde, wie er meynet, daraus eine gewaltige Verwirrung entstehen. So haben auch Alhazen und Vitellio (jener L. I. prop. 15. 18. dieser L. III. p. 17.) behauptet, daß das deutliche Sehen durch die Perpendicularlinien, von den Punkten der Sache auf die Oberfläche des Auges bewirket werde, weil die krystallene Feuchtigkeit nur nach diesen Linien die Sache empfinden müßte, wenn die Empfindung nicht verwirret werden sollte. Eben so, wie diese Schriftsteller, stellet sich Maurolycus eine Strahlenpyramide vor, deren Grundfläche die gesehene Sache ist. Ehe die Strahlen derselben, saget er, in einem Punkte zusammen kommen, drücken sie durch die Feuchtigkeiten des Auges die Gestalt der Grundfläche auf den Sehenerven mit der vollkommensten Aehnlichkeit aus. Die optischen Schriftsteller sagen also nicht unrecht, fährt er fort, daß das Sehen vermittelst einer abgekürzten Pyramide geschehe.

Maurolycus war also noch viel weiter von der wahren Erklärung des Sehens entfernt, als Montucla glaubet, der Herrn Priestley verleitet hat, sich eine noch größere Meynung von desselben Entdeckungen zu machen. Er schreibt ihm sogar die richtige in fig. 8. abgebildete Vorstellung zu. Ich konnte nicht umhin, dieses in der Uebersetzung auszulassen.

Der einzige Schritt, den Maurolycus weiter gethan zu haben scheint, ist der, daß er die Linse mit beyden Flächen die Strahlen brechen läßt, und die Empfindung auf die Netzhaut setzet, da Vitellio und Alhazen sie auf der krystallenen Feuchtigkeit annahmen.

Die Kurzsichtigkeit rührt nach dem Maurolycus daher: daß die Linse zu erhaben ist, daher die Strahlen auf dem Sehenerven zu nahe an einander kommen, wodurch das Sehen undeutlich werde. Die Weitsichtigkeit entstehe, wenn die Vereinigung

der

der Strahlen (nicht die von einem Punkte, sondern von verschiedenen) zu weit weg liege, wodurch auch die Sehekraft geschwächet werde. Nun wird man leicht sehen, wie er die Wirkung der Brillen erkläret. Sie bringen die Sehestrahlen einander näher, oder entfernen sie von einander. Dieses sind aber die einzelnen Strahlen von jedem Punkte der betrachteten Sache. Er erwähnet noch, daß in seinen jüngern Jahren die Brillenmacher auf ihren Brillen das Alter bemerket hätten, für welches sie sich am besten schickten. Dies ist vermuthlich eine Pralerey gewesen.

Fast befürchte ich, diesen Auszug so weitläuftig gemacht zu haben, wiewohl er mir nöthig schien, den Zustand der Optik im sechszehenten Jahrhunderte genauer vorzustellen. Maurolycus scheint mir nicht viel zur Verbesserung derselben beygetragen zu haben.

Von dem **J. B. Porta** hat Hr Priestley zwar umständlich gehandelt, doch will ich noch folgendes zusetzen.

Seine optische Schrift hat den Titel: *Io. Bapt. Portae* Neap. de refractione, Optices parte, Libri nouem. 1. de refractione et eius accidentibus. 2. de pilae crystallinae refractione. 3. de oculorum partium anatome et earum muniis. 4. de visione. 5. de visionis accidentibus. 6. cur binis oculis rem vnam cernamus. 7. de his, quae intra oculum fiant, et foris existimantur. 8. de specillis. 9. de coloribus ex refractione, s. de iride, lacteo circulo. cet. Neapoli 1583. 230. pag. 4to.

Er bemerket, wie es mir scheint, zuerst, daß der Brennpunkt eines Hohlspiegels um den vierten Theil des Durchmessers vom Spiegel entfernet ist. p. 39. Die Brechungen der Sonnenstrahlen durch eine gläserne Kugel lehret er durch Beobachtungen finden, p. 41. erwähnet aber noch nichts von der Entfernung ihres Brennpunktes. Er saget nur, daß er nahe hinter der Kugel liege. p. 63. In dem fünften Buche, worinne er die Erscheinungen bey gerade fortgehendem Lichte betrachtet, untersucht er auch die, welche **Vitruvius** bemerket hat, daß hohe aufrechte Dinge rückwärts sich zu lehnen scheinen. Er glaubet, daß man das Gegentheil wahrnehmen würde. Ueber die Brilleu saget er nichts bestimmtes, konnte es auch nicht, weil er nie etwas von einem Gesetze der Brechung erwähnet. Es sind nur ohngefähre Bestimmungen des Weges, den die einzelnen Strahlen von gewissen Punkten des Gegenstandes durch das Glas nehmen. Von seinen Untersuchungen über den Regenbogen saget er, daß er über vierzig Jahr aus allen Kräften daran gearbeitet habe, et Dii faxint, vt aliquid boni nacti simus. Die Götter haben ihn nicht erhöret. Porta starb 1615. ohngefähr 75 Jahr alt. Außer den angeführten Schriften hat er noch manche andere geschrieben, z. E. Elementa curuilinea, de zifris, oder von der geheimen Schreibekunst, u. a. daß er seine Magia naturalis schon im funfzehenten Jahre herausgegeben habe, ist etwas schwer zu glauben. In der Bibliotheque de Richelet wird es sehr bezweifelt. (Dictionn. de Moreri.)

Italien, das im sechszehenten Jahrhunderte so fruchtbar an Gelehrten war, hatte noch mehrere, die sich um die Optik Mühe gaben. Unter diesen ist Bernardinus **Telesius** einer der ersten, die sich der Tyranney der verdorbenen Aristoteli-

schen

schen Philosophie entgegen setzten, und selbst zu denken wagten, wenn sie auch noch nicht sehr glücklich darinne waren. Man hat von ihm Abhandlungen über den Regenbogen und über die Farben, in seinen vom Antonius Persius, zu Venedig 1590. in 4. herausgegebenen Schriften. Er ist zu Cosenza in Calabrien 1508. gebohren, und stammte aus einer edlen Familie her. Die Erzbischöfliche Würde in seiner Vaterstadt, welche ihm der Pabst Paul IV. anbot, schlug er aus, vielleicht um sich verheyrathen zu können. Einige Zeit darauf, nachdem er seine Frau verloren hatte, begab er sich auf sein Landguth, ließ sich aber doch bereden, seine neue Philosophie zu Neapel zu lehren, welches mit großem Beyfalle geschah. Er starb 1588. S. *Lotteri* diss. de *Bernardini Telesii* vita et philosophia. Lipſ. 1726. und Commentarius von demselben, Leipz. 1733.

Ein anderer ist Alexander Picolominei, der des Alexander Aphrodisiensis Commentarius über die meteorologischen Abhandlungen des Aristoteles zu Venedig 1545 fol. herausgegeben, und eine kurze Abhandlung über den Regenbogen angehänget hat. Ich vermuthe, daß es derselbe mit dem Alexander Piccolominei, Erzbischofe von Patras und Coadjutor von Siena sey, den Moreri als Mathematiker, Physiker, Philosoph und Dichter rühmet, und dabey als einen frommen gutthätigen Prälaten vorstellet. Dieser starb 1578. zu Siena im 70. Jahre seines Alters.

* * *

Von dem großen Kanzler Bacon bemerke ich nur dieses wenige, daß seine sämmtlichen Werke 1730. in 4 Fol. zu London von Blackbourne, seine Briefe und Fragmente 1734. in 4. von Robert Stephens, und seine philosophischen Schriften von Dr. Peter Shaw, englisch, eben daselbst 1733. in 3 Quartbänden herausgegeben sind. Er ist 1560. den 22. Jan. zu London gebohren, und ward 1618. Großkanzler. Bald aber, 1621. ward er wegen einiger Beschuldigungen, als daß er die Gerechtigkeit um Geld sollte verkaufet haben, welches er auch nicht ganz läugnete, abgesetzt. Er lebte darauf von Geschäfften entfernet, und starb 1626. den 9ten April. Umständlich handelt von ihm Chaupesie in seinem Wörterbuche.

Zweyter Abschnitt.

Entdeckungen den Regenbogen betreffend.

Um eben die Zeit, da die Naturkündiger sich mit der Untersuchung einfacher Linsengläser beschäfftigten, finden wir sie auch mit der Erklärung einer andern optischen Erscheinung bemühet, die aber die Kräfte dieses Zeitalters weit überstieg, nämlich die Ursache der Regenbogenfarben. Es war nicht möglich, daß sie hiermit zu Stande kommen konnten, da sie von der Natur der Farben überhaupt keine erträgliche Hypothese hatten.

Maurolycus giebt den Halbmesser des Bogens an, aber unrichtig.

Was die Alten und die Gelehrten der mittlern Zeiten über den Regenbogen geschrieben haben, ist bereits angeführet. Ihre Beobachtungen konnte der ungelehrteste Landmann eben so gut machen. Ihre Erklärungen habe ich nur zur Belustigung, nicht zur Belehrung, dem Leser vorgeleget. Lange währte es noch, selbst nach der Dämmerung der wahren Naturforschung in dem westlichen Europa, bis man etwas von Wichtigkeit hierüber entdeckte. **Maurolycus** rühmet sich, der erste zu seyn, der die Durchmesser der Bogen mit gehöriger Genauigkeit gemessen habe. Dem innern Bogen giebt er 45 Grade zum Halbmesser, dem äußern 56 G. **Descartes** nimmt daher Gelegenheit zu bemerken, wie wenig man sich auf die Beobachtungen derer verlassen dürfe, welche die Ursachen der Erscheinungen nicht kennen [a]).

Einfall des Clichtovâus.

Ein gewisser **Clichtovâus** (vermuthlich derselbe, der sich als einen Gegner Luthers bekannt gemächet hat, und der 1543 gestorben ist [b]) behauptete, daß der zweyte Regenbogen ein Bild des ersten sey, weil die Farben in umgekehrter Ordnung sich an ihm zeigen, so wie im Wasser sich die Bilder der Gegenstände am Ufer umgekehrt darstellen. Aber **Gilbert**, der über den Magnet geschrieben hat, und dessen Entdeckungen in der Electricität ich in meiner Geschichte derselben angeführet habe, ist mit dieser Erklärung sehr übel zufrieden. Er begegnet ihrem Urheber mit vieler Strenge, nennt seinen Einfall albern, und eines Aristotelischen spitzfindigen Kopfes würdig und machet ihm den Einwurf, daß nach seinen Grundsätzen die Figur des äußern Bogens so wie die Farben umgekehret seyn, und die erhabene Seite also unterwärts liegen müßte [c]). Wiewohl Gilberts eigenes Buch selbst voll scholastischen Witzes, und nichtswürdiger Distinctionen uud Definitionen ist, so ist doch dies nicht sowohl sein, als vielmehr der seinen Zeiten eigene Fehler, der ihm so gut wie seinem Gegner anhieng. Von Gilberts Meynungen in der Optik verdienet keine angeführet zu werden.

Daß der Regenbogen der Sonne immer gegen über steht, ist von jeher angemerket worden. Daher war der Schluß natürlich, daß die Farben durch eine Art der Zurückstrahlung von den Regentropfen oder den Dünsten verursachet werden müssen. Die **regelmäßige Erscheinung der Farben** war noch ein Umstand, den niemand

a) Dioptrica p. 214. (Edit. Francof. a. 1642. p. 183.)

b) Iosse Clicthove oder Iodocus Clicthoveus war, nach dem Moreri, ein Doctor der Sorbonne und Decanus des Andreasstiftes zu Chartres, gebürtig aus Nieuport in Flandern. Er ist 1543. gestorben. Moreri rühmt ihn als einen der gründlichsten Polemiker seiner Zeit, führt auch seine Schrift gegen Luthern an. Er mag ein spitzfindiger Aristoteliker gewesen seyn. Denn er ist ohne Zweifel der Verfasser eines mir in die Hände gefallenen Buches, das Moreri nicht anführt, und welches den Titel hat: philosophiae naturalis paraphrasis, Paris. 1501. fol. In der Zuschrift an Stephanus de Ponthier, studii Parisiensis Cancellarium, nennt sich der Verfasser Iudocus Clichtoveus; Neoportuensis. Dieses Werk enthält Auslegungen über physikalische Schriften vom Aristoteles. Auf dem 272 Bl. findet sich die Meynung, welche ihm Gilbert so derb verweist. K.

c) Physiologia (de magnete) p. 273.

Niemand unbemerket lassen konnte. Nun hatte man zwar sonst nie am zurückgeworfenen Lichte Farben beobachtet, wohl aber am gebrochenen; allein doch scheint Niemand darauf gefallen zu seyn, die Strahlenbrechung auf eine schickliche Art hier zu Hülfe zu nehmen, bis daß **Fleischer** von Breslau, in einer 1571 herausgekommenen Schrift die Regenbogenfarben durch eine zweyfache Brechung und eine Zurückwerfung der Strahlen zu erklären versuchte. Aber er glaubte, daß ein Lichtstrahl in einem Tropfen zweymal beym Eingange und Ausgange gebrochen, und darauf von einem andern Tropfen zurückgeworfen werde, ehe er ins Auge komme. An die Zurückwerfung auf der Hinterseite des Tropfens scheint er nicht gedacht zu haben; oder doch sich eingebildet, daß alle Beugungen des Strahls innerhalb desselben Tropfens ihn nicht stark genug bis zum Auge des Zuschauers umlenken könnten. Zwey Brechungen mußte er annehmen, weil er den Strahl in den Tropfen fahren ließ. Dieses war alles, was er zur Erläuterung der Sache beygebracht hat. Denn Porta nahm, wie wir gesehen haben, an: daß der Regenbogen zwar durch die Brechung der Strahlen, aber nicht in den einzelnen Tropfen, sondern in der ganzen Masse des Regens oder der Dünste entstünde.

Fleischers von Breßlau Entdeckung.

Nach so manchen vergeblichen Bemühungen war es einem Manne, den kein Schriftsteller unter die Naturkündiger setzet, vorbehalten, die richtige Erklärung von dem Wege der Strahlen zu geben. Dieser war **Antonius de Dominis**, Bischof zu Spalatro, dessen Abhandlung, de radiis visus et lucis, 1611. von **J. Bartolus** herausgegeben ist. Er ist der erste, der da behauptete, daß die doppelte Brechung nach Fleischern, mit einer dazwischen vorgehenden Zurückwerfung hinlänglich sey, sowohl die Farben zu erzeugen, als auch die Strahlen ins Auge zu bringen, ohne daß weiter eine Zurückwerfung nöthig ist. Er beschreibt ganz deutlich den Gang des Strahles, wie er erstlich oberwärts in den Tropfen fährt, daselbst nach der Hinterseite inwendig hin gebrochen, von da nach unten hin zurückgeworfen, und endlich hier beym Ausfahren aufs neue dergestalt gebrochen wird, daß er gerades Weges ins Auge kömmt. Diese Voraussetzung zu beweisen, verfuhr er (so wenig als er auch Naturforscher war) auf eine sehr vernünftige und naturforschermäßige Manier. Er hieng eine kleine solide Glaskugel gegen die Sonne und sein Auge in einer solchen Lage auf, wie sie nach seiner Voraussetzung die Regentropfen gegen die Sonnenstrahlen und das Auge hatten; worauf er an ihr eben die Farben und in derselben Ordnung, wie an dem Regenbogen selbst, wahrnahm[d]).

Genauere Erklärung des Antonius de Dominis.

d) Woher Montücla, dem ich diesen Umstand nacherzähle, die Nachricht von dem Versuche, den de Dominis angestellet haben soll, hergenommen habe, kann ich nicht sagen. In seinem Buche habe ich nichts davon finden können, ob ich es gleich ziemlich sorgfältig durchgesehen habe. Deswegen bin ich geneigt, zu glauben, daß Montücla ihm zu viel beylege, und daß Descartes der erste sey, der die Theorie des Regenbogens durch den Versuch mit der Glaskugel bestätiget hat. (Davor wird Montücla sich wohl in Acht genommen haben. Er ist auf Newton böse, daß er dem de Dominis mehr zuschreibt, als ihm gehört. Newton erwähnet des gedachten Versuches auch, und schreibt ihn dem Bischofe, nicht dem Descartes zu. Das hätte M. gewiß gerügt, wenn er von seinem Landsmanne zuerst gemacht wäre. K.)

Man wußte nunmehr ganz deutlich, unter welchen Umständen die Farben hervorgebracht würden, und wie die Lichtstrahlen durch den Wassertropfen ihren Weg nähmen. Aber wenn man erklären sollte, warum eben die Farben und in der Ordnung sich zeigen, wie man sie am Regenbogen sieht, so stand man stille. Bloß die Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, deren Entdeckung dem großen **Newton** vorbehalten war, konnte diese Schwierigkeit heben. **De Dominis** nahm an, daß diejenigen Strahlen roth wären, welche innerhalb des Tropfens den kleinsten Weg zurück legten, also von ihrer eigenthümlichen Stärke am wenigsten verlören und das Auge folglich stärker rührten. Hingegen sollte die grüne und blaue Farbe von solchen Strahlen erzeuget werden, die bey dem Durchgange durch eine größere Masse Wasser mehr geschwächet worden wären. Die übrigen Farben sollen nach der damals herrschenden Meynung eine Mischung von diesen drey Hauptfarben seyn [e]). Daß die Verschiedenheit der Farben von einer Verschiedenheit in der Stärke des Stoßes, womit das Auge vom Lichte getroffen wird, herrühre, hatten schon manche behauptet, die es gewagt hatten, den Aristoteles zu verlassen [f]).

De Dominis bemerkte noch weiter, daß alle gleichfarbichte Strahlen aus den Tropfen an einer Stelle herausfahren müssen, die in jedem auf eine ähnliche Art gegen das Auge liegt, damit jede Farbe in einem Kreise erscheinen könne, dessen Mittelpunkt in der Linie von der Sonne durch das Auge des Zuschauers ist. Die rothen Strahlen müssen, saget er, aus dem Tropfen zu unterst ausfahren, damit der rothe Kreis der äußerste und der höchste seyn möge [g]).

Irrthümer des de Dominis.

Man darf sich nicht wundern, daß ein so früher Schriftsteller, wie de Dominis, manchen Irrthum in Absicht auf das Licht und Sehen begangen hat. Dergleichen ist der Satz, daß es zweyerley Farben, wahre und anscheinende gebe, daß Farben aus einer Mischung des Schattens und Lichtes entstehen. Wie Porta, setzet er den Sitz des Sehens in die Krystallinse, und nimmt keine Brechung innerhalb des Auges an [h]). Wiewohl er der Meynung, daß das Sehen durch etwas von außenher bewirket werde, beypflichtet: so glaubet er doch, alle Erscheinungen ließen sich mit der Platonischen Lehre von ausfahrenden Sehestrahlen ebenfalls reimen. Da er den Feuchtigkeiten im Auge keine brechende Kraft zugesteht, so ist es kein Wunder, daß er die Ursache der Gesichtsfehler, und die Art, wie ihnen durch Gläser geholfen wird, zu erklären nicht im Stande ist. Er glaubet mit Porta, daß bey Weitsichtigen die Krystalllinse zu trocken und hart, bey Kurzsichtigen hingegen zu feucht und weich sey [i]).

So gut auch de Dominis die Entstehungsart des innern Regenbogens erklärte, so fehlte er doch noch sehr bey dem äußern. Diesen wollte er eben so wie den innern sich bilden lassen, nämlich durch eine Zurückstrahlung innerhalb des Tropfens,

e) Montucla vol. I. p. 630.
f) Saverien histoire. p. 252.
g) Montucla, vol. I. p. 631.
h) de Radiis, p. 6.
i) ibid. p. 16. 18.

pfens, und zwey Brechungen, eine zuvor, die andere nachher; nur mit dem Unterschiede, daß die Strahlen, welche zu dem obern Bogen gehören, von einer niedrigern Stelle jedes Tropfens herkämen, als diejenige ist, davon die rothen Strahlen des innern ausfahren. Ferner meynte er, die Strahlen, welche den einen Bogen bilden, kämen von dem obern Rande der Sonne, und die, welche den andern hervorbringen, von dem untern Rande der Sonne. Er bedachte nicht, daß auf diese Art die beyden Bogen sich einander berühren oder vielmehr, daß unendlich viele Bogen entstehen müßten, welches wegen der Vermischung ihrer Farben so gut als gar kein Bogen seyn würde. Montucla wendet ferner ein, daß auf diese Art die Ordnung der Farben nicht entgegengesetzt seyn würde. Aber de Dominis hat schon diesem Einwurfe zu begegnen gesuchet, indem er durch eine Zeichnung zeiget, daß unterhalb des Durchmessers [k]) des Tropfens, die Strahlen, welche von dem untern Theile ins Auge kommen, den kürzesten Weg durchs Wasser zu gehen haben; daß es aber völlig umgekehrt überhalb des Durchmessers sey [l]).

Zusätze des Uebersetzers.

Maurolycus saget in seiner Schrift de lumine et vmbra, p. 57. daß die Sonnenstrahlen unter einem Winkel von 45. Graden von der Wolke nach dem Auge zu geworfen werden; berufet sich auch auf seine Erfahrung. Er nimmt schon einzelne Tropfen an, welche die Strahlen ins Auge senden sollen. Das wunderbarste in seiner Erklärung ist, daß er den Strahl ohne Brechung in den Tropfen fahren, und darinne siebenmal von der innern Fläche des Tropfens unter demselben Winkel, von 45. Gr. abprellen, und darauf, wieder ohne Brechung, ins Auge kommen läßt. Er meynet, die Strahlen werden durch diese wiederholte Zurückwerfung gestärkt und mit Farben getränkt. Die Farben sollen daher rühren, daß auf einige Stellen der Wolken mehr Licht falle, als auf die andern. Wo am meisten Licht hinfalle, erscheine die rothe, wo weniger Licht und desto mehr Wasser beygemischet sey, da entstehe die grüne Farbe. Die Himmelblaue und purpurne Farbe erkläret er auf eine noch etwas andere Art; setzet zwischen diese Farben noch drey andere, des Ueberganges wegen, und bringt auf diese Art sieben Farben heraus. Er saget, man könne den Regenbogen sehr wohl siebenfärbicht (septicolor) nennen. Seine Vorgänger haben, wie mich dünket, die Farben nicht so gut bestimmt. Er unterscheidet sie so, wie Newton die prismatischen Farben. In der Folge (p. 69.) giebt er zu, daß die Höhe des Regenbogens bey untergehender Sonne etwas kleiner als 45 Gr. gefunden werde. Er wisse nicht, wie das zugehe, saget er.

k) Was dies für ein Durchmesser sey, kann ich in Ermangelung der Schrift vom de Dominis nicht sagen. K.

l) de radiis, p. 63. Montucla, vol. I. p. 631.

Weil er aber doch seinen angenommenen Winkel nicht aufgeben will, so denket er, daß die von der wahren Kugelgestalt abweichenden Tropfen daran Schuld seyn möchten. Den äußern Regenbogen läßt er auf eine ähnliche Art, wie den innern, entstehen, nur daß er statt eines Winkels von 45 Gr. einen von $56\frac{1}{4}$ nimmt. Die Ursache ist zu willkührlich, als daß sie verdiente, erzählet zu werden.

Es wird einem recht wohl, wenn man, nachdem man, wie ein Wanderer in der Nacht, den Kopf sich an so viele verwirrte Erklärungen zerstoßen hat, endlich die ersten Strahlen der Morgenröthe erblicket. Auch hier hat ein Deutscher den ersten Schritt zur Wahrheit gethan, ihren ersten Schimmer gefaßt, und Ausländer haben seinen Gedanken ausgebildet. Johann Fleischer, (Montucla, und nach ihm Priestley, verdreht den Namen in Fletcher, als wenn es ein Kosackischer Name wäre) verdienet gewiß das Lob, den Grund zu der wahren Erklärung des Regenbogens geleget zu haben. Er sahe die Wahrheit freylich nur halb, das ist wahr. Es ist aber zu bewundern, daß er sie noch halb gesehen hat. Denn in seinen Zeiten mußte man durch das viele Geschwätz über den Regenbogen so verwirrt werden, daß man zum eigenen Nachdenken alle Kraft verlor. Dieser Fleischer ist zu Breslau 1540. gebohren. Er war Doctor der Theologie und Prediger an der Elisabethskirche zu Breslau, auch Ephorus der evangelischen Kirchen und Schulen daselbst. Er starb 1589. Dies erzählet Scheibel, Prof. der Math. und der Phys. an dem Breslauer Gymnasium, in einem Programm, de Iohannis Fleischeri Vratislauiensis in doctrinam de Iride meritis, Vratisl. 1762. Der vollständige Titel seines Buches ist: de Iridibus doctrina Aristotelis et Vitellionis, certa methodo comprehensa, explicata et tam necessariis demonstrationibus, quam physicis et opticis causis aucta a *Iohanne Fleischero*. Vratislauiense. Praemissa sunt succincto ordine ea Optica, quorum cognitio ad doctrinam cum iridum, tum aliorum μετεώρων τῶν κατ᾽ ἔμφασιν est necessaria. Vitembergae excudebat Iohannes Crato. Anno 1571. 235 p. 8. Er hat das Buch als Schulmann zu Goldberg im Fürstenthume Liegnitz geschrieben, weil er erst 1572. zum Prediger in seiner Vaterstadt befördert ist. Die Materie des Regenbogens, worauf die Lichtstrahlen fallen, und die Farben erzeugen, ist nach ihm ein thauichter Dunst (vapor roridus) der sich in Tropfen zu verdichten anfängt, aber noch kein Wasser oder Regen ist. p. 28. Er meynet, daß nicht allein der Strahl sich in einem Tropfen zweymal brechen, und von einem andern Tropfen gerade nach dem Auge zu komme, p. 81. sondern daß auch, nachdem er zurück geworfen worden, er noch in einem vorliegenden Tropfen wieder gebrochen werden möge. p. 86. Von der Ursache der Farben konnte er nichts richtiges angeben. Das war einem Newton vorbehalten. Er erkläret sie daher, daß einige Strahlen mehr als andere in die thauichte Wolke dringen. Ueber die Größe des Bogens führet er die Erfahrung an, daß bey einer Höhe der Sonne von 13 Gr. 36 M. die Höhe des Bogens 28 Gr. 24 M. gewesen sey, so wie die Höhe des Bogens beym Aufgange der Sonne 42 Gr. 30 M. gefunden worden. Daß jene beyden Höhen zusammen 42 Gr. den Halbmesser des Bogens ausmachen, erkläret er ganz richtig. Doch hält er den Halbmesser des Bogens für

etwas veränderlich. Woher der zweyte Bogen aber entstehe, weis er nicht zu erklären, sondern nimmt seine Zuflucht zum Aristoteles und Vitellio. Was er darüber zu sagen versucht, ist sehr undeutlich. Er giebt hier auch keine so gute Zeichnung, wie über den innern Regenbogen.

Ein paar Worte muß ich noch zur Rettung des guten Bischofs von Spalatro sagen. Montucla spricht ihm gerade zu alles Genie ab. Er soll den Knoten, den man schon seit zweytausend Jahren vergebens aufzulösen gesuchet hatte, mehr von ohngefähr als durch die Stärke seines Nachdenkens entwickelt haben. Hr Priestley saget sogar, kein einziger Schriftsteller gestehe ihm das Geschick zum Naturforscher zu. Aber wenn auch kein einziger den de Dominis für einen guten Kopf erkennen will, so werde ich ihn doch dafür halten, bis ich den Mann antreffe, dem er seine Erfindung gestohlen hat. Was konnte man in der ersten Dämmerung der Optik mehr entdecken, als hier de Dominis gethan hat, dazu in dem finstersten Winkel dieser Wissenschaft? Was hat denn des Montucla sein Held, Descartes, mehr gethan, als daß er die eine Hälfte von des de Dominis Erfindung, verbessert, und etwa Berechnungen darüber gemachet hat? das ist schwer zu finden, nach welcher Weltgegend man gehen müsse, um die Wahrheit zu suchen. Weis man die Richtung des Weges, so läßt sich schon näher kommen.

Der völlige Titel des Buches, wie ihn Hr Scheibel anführet, ist: De radiis visus et lucis in vitris perspectiuis et Iride. Tractatus Marci Antonii de Dominis. Per Ioannem Bartolum in lucem editus. In quo inter alia ostenditur ratio Instrumenti cuiusdam ad clare videndum, quae sunt valde remota, excogitati. Superiorum licentia et priuilegio. Venetiis 1611. apud Thomam Baglionum. in 4. pagg. 78. Der Herausgeber saget, daß der Verfasser vor zwanzig Jahren, da derselbe erst zu Padua und hernach zu Brixen die Philosophie und Mathematik in den Jesuitergymnasien zu seinem Vergnügen gelehret, diese Abhandlung aufgesetzet und ihm mitgetheilet habe. Ich wünschte, daß es ausgemacht werden könnte, ob de Dominis etwas von Fleischers Entdeckung gewußt habe. Es wäre möglich, da sie zwanzig Jahr älter ist, als die verbesserte vom de Dominis.

Dieser Prälat hat ziemlich wunderbare Schicksale gehabt. Aus Furcht vor der Inquisition, bey der er sich verdächtig gemacht hatte, flohe er 1617. nach England, schrieb daselbst gegen die katholische Religion, ward Dechant zu Windsor, verließ aber wiederum 1622. England, und gieng nach Rom zurück, wo er aufs neue in Verdacht kam, gefangen gesetzt ward, und zum Glück 1625. im 64. Jahre starb. Außer seiner optischen Schrift hat man noch ein großes Werk, de republica ecclesiastica, von ihm.

Dritter Abschnitt.

Von der Erfindung der Teleskope und Mikroskope, und ihren ersten Verbesserungen.

Der gegenwärtige Zeitpunkt meiner Geschichte ist es, darinn die Optik dem menschlichen Geschlechte auf eine Art nützlich zu werden anfieng, welche der Theorie nach, die Kräfte dieser Wissenschaft zu übersteigen hätte scheinen müssen. Denn wer hätte sichs wohl einfallen lassen, es würde eben die Brechung des Lichts im Glase, oder andern durchsichtigen Substanzen, eben die Kraft, wodurch ein gerader Stab, im Wasser gehalten, gebrochen erscheint, wodurch der Anschein der Dinge so vielfältig verändert, und so mancher Gesichtsbetrug veranlasset wird, einmal so genutzet werden: daß die Gränzen unsers Gesichts dadurch erweitert, und wir in den Stand gesetzet werden sollten, Dinge, die für unsere Sehewerkzeuge in ihrem natürlichen Zustande viel zu entlegen, oder viel zu klein sind, deutlich zu erkennen. Inzwischen hängt doch von dieser Ursache die Wirkung des **Teleskops** ab, dieses Werkzeuges, das uns nicht allein entfernte Gegenstände deutlich darstellet, ohne daß wir nöthig haben, uns zu ihnen hin zu bemühen, sondern das auch unsern Blick stärket, um bis an die äußersten Grenzen unsers Sonnensystems und noch weit darüber hin zu reichen.

Durch die Anwendung eben dieser Naturkräfte entstand auch das **Mikroskop**, welches uns die nicht geringern Wunder der Schöpfung im Kleinen, in dem erstaunendswürdigen Baue der Thiere und Pflanzen, und in dem kunstreichen Gewebe ihrer Bestandtheile, kennen lehret. Ganz außerordentlich haben diese Werkzeuge die Gränzen der menschlichen Kenntnisse erweitert, und neue, unerschöpfliche Quellen des Unterrichtes und Vergnügens eröffnet. Keinem, der sie besitzt, und, wie jeder denkende Kopf es muß, an der Natur Geschmack findet, kann es an dem lehrreichsten Zeitvertreibe fehlen.

Der menschliche Verstand darf inzwischen wegen dieser ansehnlichen Vermehrung unserer Geräthschaft, sowohl zur Erweiterung unserer Kenntnisse, als zum feinern Gebrauche des Lebens, sich nicht sonderlich rühmen. Denn die Erfindung, woferne man sie so nennen darf, war so zufällig und unerwartet, als sie ihrer Beschaffenheit nach außerordentlich ist. Ein lehrreiches Beyspiel, welches die Geschichte allen Naturkündigern giebt, keine noch so gering scheinende Beobachtung zu verachten, und keine Kraft der Natur, ja selbst kein einzelnes Ereigniß zu vernachläßigen; wenn es auch noch so unbedeutend und unbrauchbar vorkommen sollte. Jede neue Begebenheit, jede neue Eigenschaft irgend eines natürlichen Dinges muß sorgfältig untersuchet, und als ein Schatz von unbekanntem Werthe aufgehoben werden: bis die Zeit und die Entdeckung anderer verwandter Naturkräfte dessen Kostbarkeit an den Tag bringen wird.

Da

Ansprüche des Metius.

Da Teleskope eine Sache von so großer Wichtigkeit sind, so hat man sich sehr bemühet, den ersten Erfinder zu erfahren. So gewiß auch die Entdeckung ein Werk des Zufalles ist, und so spät man erst hinter die Erklärung der Wirkung gekommen ist, so finden wir doch verschiedene, welche auf diese kleine Ehre Anspruch machen. Descartes giebt einen, Namens **Jacob Metius**, aus Alkmar, als den ersten Verfertiger der Teleskope an. Dieser Mann war ein Ungelehrter, obgleich sein Vater und Bruder Mathematikverständige waren. Sein größtes Vergnügen war, Brennspiegel und Brenngläser zu machen. Da er also vielerley Gläser bey der Hand hatte, so kam er einst auf den Einfall, zwey hinter einander zu stellen, um dadurch zu sehen. Von ohngefähr hatte er ein erhabenes und ein hohles genommen, auch sie so glücklich zusammengeordnet, daß daraus das erste Teleskop entstand. So erzählets Descartes [a]).

und J. Lippersheim.

Andere sagen, daß **Johann Lippersheim** [b]), ein Brillenmacher zu Middelburg, oder vielmehr seine Kinder, diese große Entdeckung gemachet haben. Wie Metius sollen sie sich damit belustiget haben, daß sie zwey Gläser in verschiedenen Entfernungen von einander stelleten, und durch beyde zugleich gucketen.

Zacharias Jansen, Erfinder des Teleskops.

Aber **Borellus**, der Verfasser einer Schrift, de vero telescopii inventore [c]), eignet diese Ehre dem **Zacharias Joannides**, das ist, **Jansen**, gleichfalls einem Brillenmacher in Middelburg zu, der das erste Teleskop im J. 1590 verfertiget hat; und es scheint die Erzählung des Borellus als die wahrscheinlichste jetzt fast von allen angenommen zu werden. Sie ist auch wirklich so umständlich und so gut bewiesen, daß man sie nicht wohl in Zweifel ziehen kann.

Es ist nicht wahr, saget Borellus, daß diese wichtige Entdeckung von einem der Natur unkundigen Manne gemachet sey. Denn Zacharias Jansen studirte sie fleißig, und eben in dem Laufe seiner Nachforschungen, da er versuchete, was man durch Linsengläser für Wirkungen erhalten möchte, traf er glücklicherweise die Zusammensetzung des Fernrohrs.

Sobald

a) Dioptrica, p. 41. Der jüngere Metius wär Professor der Mathematik zu Franecker. Der Vater war Geometer in Diensten der Generalstaaten, der die bekannte Verhältniß des Durchmessers zum Umfange eines Kreises, 113 zu 355 angegeben hat. S. Geometria practica. Authore Adriano Metio Alcmariano Math. Prof. ord. Franekerae, 1625. 4to, auf der 89. S. K.

b) Huygens in seiner Dioptrik, p. 136. saget, er wisse gewiß, daß schon vor Metius, um 1609 in Middelburg ein Künstler, es möchte Joh. Lippersheim, den Sirturus angebe, oder Zacharias seyn, dem Borellus die Erfindung zuschriebe, Teleskope gemachet habe. Vom Porta glaubet er, daß er schon etwas von Teleskopen gewußt habe, weil er in seinen Schriften von specillis, wodurch man entfernte Dinge dem Gesichte nähern könnte, und von der Verbindung erhabener und Hohlgläser rede. Er müsse aber nicht weit gekommen seyn, weil man in so langer Zeit weiter nichts davon gehört, auch Porta am Himmel keine Wahrnehmungen angestellet habe. Es habe ihm auch ganz an den Grundsätzen gemangelt, die Teleskope durchs Nachdenken heraus zu bringen. K.

c) Ist im Haag, 1655 in 4. herausgekommen. K.

Sobald dieser sinnreiche Mechanicus, oder vielmehr Naturforscher, die gesuchte Stellung der Gläser erhalten hatte, faßte er sie in eine Röhre, und lief damit zum Prinzen Moritz, der sogleich bedachte, daß dieses Werkzeug im Kriege nützlich seyn könnte, und den Erfinder bat, es geheim zu halten. Aber lange konnte es nicht geheim bleiben. Denn es legeten sich sehr bald verschiedene Personen auf die Verfertigung der Fernröhre, und brachten sie unter die Leute. Einer der vornehmsten von diesen war **Hans Laprey**, den Syrturus **Lippersheim** nennt. Weil einige in Holland sehr frühe von ihm Fernröhre bekamen, so ward er von manchen für den Erfinder derselben gehalten. Aber sowohl der oben gedachte Metius, als auch Cornelius Drebel von Alkmar, wandten sich 1620 an den Erfinder selbst: desgleichen Galileus und andere mehr [d]. Das erste Teleskop von Jansen war nicht über 15 bis 16 Zoll lang. Aber Syrturus, der es gesehen und gebrauchet zu haben erzählet, hält es für eins der besten, das er je versuchet hätte [e].

Jansen macht Beobachtungen am Himmel.

Jansen, der einen nachdenkenden Kopf besaß, machete gleich von seinem Werkzeuge den Gebrauch, den er, wie er die Zusammensetzung davon entdeckte, schon im Sinne gehabt hatte. Er richtete es gegen den Himmel, worauf er ganz deutlich die Flecken auf dem Monde erkannte, auch viel neue Sterne, besonders sieben sehr beträchtliche im großen Bären, entdeckete. Sein Sohn, **Johann Zacharia**, bemerkete den hellen Kreis nahe am Rande des Mondes, von dem mehrere helle Streifen in verschiedenen Richtungen auslaufen. Auch sehe, saget er, der Vollmond, durch dieses Fernrohr betrachtet, nicht flach, sondern ganz deutlich kugelförmig aus, indem der mittlere Theil hervorrage [f]. Jupiter, bemerket er ferner, sehe dadurch auch kugelrund aus; und sey bisweilen von zwey oder drey, mehrentheils aber von vier kleinen Sternen begleitet, die ein wenig oben oder unter ihm erscheinen, und, soviel er wahrnehmen könnte, um ihn herumliefen. Dieses wolle er aber den Astronomen auszumachen überlassen [g]. Ohne Zweifel ist dieses die erste Beobachtung der Jupiters-Trabanten, obgleich der Beobachter die Wichtigkeit seiner Wahrnehmung nicht einsah.

Ansprüche des Fontana,

Ein Italiener, Namens **Franciscus Fontana**, machet auch auf die Ehre der Erfindung Anspruch. [h] Weil er aber selbst eingesteht, sie nicht vor dem Jahre 1608. gemachet zu haben, um welche Zeit schon längst in Holland Teleskope gefertiget und verkaufet wurden, so kommen seine Anforderungen nicht in Betrachtung.

und des Diggs.

Ein Engländer, **Diggs**, soll auch auf die Erfindung des Teleskops gekommen seyn. Sein Sohn, der einige Werke seines Vaters nach dessen Tode herausgegeben hat, bezeuget es, der Angabe des Dr. **Hooke** zu folge. Da aber Dr. Hooke anführet, daß Porta dieselbe Entdeckung gemachet hätte, so ist hierbey wahrscheinlich

d) de vero telescopii inuentore, p. 37.
e) Ibid. p. 24. 30.
f) Ibid. p. 39.
g) Ibid. p. 40.
h) Montücla saget, (hist. vol. II. p. 171.) daß Fontana Anspruch auf die Erfindung des astronomischen Fernrohres, also nicht des Fernrohres überhaupt, mache. Des Fontana Schrift ist 1646. zu Neapel in 4. herausgekommen, und führet den Titel, nouae terrestrium et coelestium obseruationes. K.

scheinlich ein Irrthum vorgegangen, und es ist das, was Diggs gemachet hat, kein Teleskop gewesen [i]).

Galileus hat das Fernrohr nicht erfunden.

Einige geben den **Galileus** für den Erfinder der Teleskope aus. Aber er selbst gesteht ein, daß er die erste Nachricht davon durch einen Deutschen bekommen habe [k]). Zuerst, saget er in dem Nuncius Sidereus, habe er von der Erfindung durchs Gerücht gehöret, nach wenigen Tagen sey er durch schriftliche Nachricht von einem französischen Edelmanne, **Jakob Badovere**, davon vergewissert worden, worauf er sich selbst mit allen Kräften daran gemachet, der Erfindung nachzuspüren und sie auch bald darauf durch Hülfe der Lehre von der Strahlenbrechung herausgebracht habe [l]). Verhält sich dies also, so hat er wirklich mehr Verdienst als der Erfinder selbst. Aber Montucla ziehet hier die Aufrichtigkeit dieses großen Mannes in Zweifel, besonders weil er vorgiebt, daß ihm nicht einmal die Form der Gläser, deren sich die holländischen Künstler bedieneten, bekannt gewesen sey, sondern daß er durch Schlüsse gefunden habe, es sey hierzu sowohl ein Convex- als Concav-Glas nothwendig [m]). Denn dies verhält sich anders. Mir aber ist es wahrscheinlich, daß Galileus, ehe er ein Teleskop von Jansen bekommen, eine unvollkommene Nachricht von dem Werkzeuge mag erhalten haben, und das vielleicht von jemanden, der dadurch gesehen hatte, ohne etwas von der Zusammensetzung zu wissen. Die bloße Gewißheit, daß ein solches Werkzeug, wie ein Teleskop, möglich wäre, konnte sehr wohl einen Mann von so großem Geiste und solcher Wißbegierde, wie Galileus, antreiben, Versuche zu machen, wodurch er auch wirklich hinter die Sache gekommen seyn mag; wenn er auch keine vollkommene Erklärung aus optischen Gründen davon geben konnte, ja vielleicht in einem und dem andern Stücke die Wahrheit verfehlete. Ich möchte nicht gerne anders, als auf die kläresten Erweisgründe, die Aufrichtigkeit eines so verehrungswürdigen Mannes, wie Galileus ist, in Zweifel ziehen.

Geschichte der Galileanischen Entdeckungen.

Die genauern Umstände von des Galileus Verfahren in dieser Sache findet man in der Lebensbeschreibung, vor der Venetianischen Ausgabe seiner Werke von 1744. in Quart, so gut aus einander gesetzt, daß ein Auszug davon, dem ich noch einige aus andern Quellen gesammelte Nachrichten beyfügen will, dem Leser nicht anders als angenehm seyn kann.

Im April oder May des Jahres 1609. ward zu Venedig, wo Galileus damals Professor der Mathematik zu Padua, eben gegenwärtig war, erzählet, daß ein Holländer dem Grafen Moritz von Nassau ein gewisses optisches Instrument überreicht hätte, wodurch man entfernte Gegenstände, gleichsam als wenn sie in der Nähe wären, erblickte. Umständlichere Nachricht hatte man damals nicht weiter, ob gleich zwanzig Jahre schon seit der Entdeckung vorbey waren [n]). Erstaunet über

i) Hooke's Experiment, by Derham, p. 258.
k) Saveriens histoire, p. 247.
l) Nuncius sidereus, p. 4.
m) In dem Nuncius sidereus finde ich nichts davon. K.

n) Diese Zeit kömmt mir ziemlich lang vor. Johannes Jansen hat zwar gerichtlich ausgesagt, wie Borellus anführet, daß sein Vater Zacharias im J. 1590. das Teleskop erfunden habe; die andern Zeugen aber

über diese Neuigkeit, kehrete Galileus sogleich nach Padua zurück, und forschete nach, was dieses für ein Instrument seyn möchte. Die folgende Nacht errieth er die Zusammensetzung, machte den Tag darauf sogleich das Werkzeug nach seinem vorläufigem Entwurfe fertig, und sah auch, ungeachtet der Unvollkommenheit der Gläser, die er damals zur Hand hatte, seine Erwartung erfüllet. Er gab seinen Freunden in Venedig sogleich Nachricht davon. Sechs Tage nachher reisete er selbst dahin, und brachte ein anderes besseres Fernrohr mit, das er unterdessen gemacht hatte. Hier zeigete er von einigen erhabenen Orten den vornehmsten Rathsherren der Republik, zu ihrem größten Erstaunen, eine Menge Gegenstände, die dem bloßen Auge undeutlich waren, ganz deutlich. Wie er hierauf noch einige Verbesserungen an seinem Fernrohre gemacht hatte, so schenkte er, mit der ihm gewöhnlichen Großmuth und Offenherzigkeit in Mittheilung seiner Erfindungen, eines dem Doge, Leonardo Donati, und zugleich dem ganzen Rathe von Venedig, nebst einer geschriebenen Nachricht, worinne der Bau des Werkzeuges erklärt, und die mannichfaltige Nutzbarkeit desselben zu Wasser und Lande gezeiget war. Zur Erkenntlichkeit für das edle Vergnügen, das er den Herren von Venedig gemachet hatte, erhöhete die Republik, den 25. Aug. desselben Jahres, seinen Gehalt, als Professor, über das dreyfache.

Nachdem er sich einige Zeit mit Betrachtung der Gegenstände auf der Erde belustiget hatte, richtete er sein Fernrohr nach den Himmel. Hier fand er auf dem Monde eben die Abwechselung von Bergen und Thälern, wie auf der Erde. Er entdeckte, daß die Milchstraße und die Nebelsterne aus einer Menge Sterne bestünden, die wegen ihrer unermeßlichen Entfernung, oder auch wegen ihrer Kleinheit, dem bloßen Auge unsichtbar sind. Es zeigte sich ihm noch ein unzähliges Heer von Sternen über den ganzen Himmel umher, die alle den Alten unbekannt gewesen waren; und da er den Jupiter mit einem noch bessern Fernrohre, als alle vorigen gewesen waren, betrachtete, so bemerkte er bey ihm vier Sterne, als Begleiter, die in gewissen bestimmten Zeiten ihren Lauf um ihn vollendeten. Die nannte er, dem Mediceischen Hause zu Ehren, die **Mediceischen Planeten**, (medicea sidera.)

Diese Entdeckung machte er im Januar 1610. verfolgte seine Wahrnehmungen während des Februars, und machte darauf im März alle seine Entdeckungen in einer kleinen zu Venedig gedruckten Schrift, Nuncius sidereus, bekannt, die er dem Großherzoge von Toscana, Cosmus Medices II, zueignete. Dieser that ihm in einem Schreiben vom 10. Julius 1610. den Antrag, Padua zu verlassen, und die Stelle als erster und außerordentlicher Professor zu Pisa, mit einem ansehnlichen Gehalte anzunehmen, ohne daß er verbunden seyn sollte, Vorlesungen zu halten oder daselbst zu wohnen [o]).

Die

aber setzen das Datum der Erfindung, welche sie theils dem Jansen, theils dem Lapreu zueignen, bis gegen 1605. und 1610. hinaus. Der holländische Gesandte, dessen Schreiben an ihn Borellus anführet, setzt die Erfindung des Fernrohres auch erst ins J. 1610. später als die Erfindung des Mikroskops. K.

o) Der Großherzog machte dem Galileus für die Entdeckung der mediceischen Planeten ein Geschenk von mehr als tausend Ducaten am Werthe, und gab ihm zum jährlichen Gehalt eine gleiche Summe. Aus einem Briefe des G. an Keplern, beym Hansch. S. 95. K.

Die außerordentlichen Entdeckungen in dem Nuncius sidereus, welcher alsbald sowohl in Deutschland als Frankreich nachgedruckt ward, verursachten viele Bewegungen unter den damaligen Naturkündigern und Astronomen, welche zum Theil sich von der Richtigkeit derselben nicht überzeugen konnten. Einige gaben sie für Erdichtungen oder Einbildungen aus; andere giengen so weit, daß sie sich nicht wollten überreden lassen, durch ein Fernrohr zu sehen. So sehr waren sie dem Aristoteles ergeben, und so abgeneigt, aus irgend einer Quelle, außer seinen Schriften Unterricht zu schöpfen p). Wie man die Wahrheit nicht läugnen konnte, so trugen einige kein Bedenken, zu behaupten, daß die Entdeckung aus dem Aristoteles genommen wäre. Zu dem Ende führeten sie eine Stelle aus ihm an, worinne er zu erklären suchet, wie man am hellen Tage unten in einer tiefen Grube die Sterne sehen könne, und sagten, daß die Grube so viel wie die Röhre wäre, daß die aus ihr aufsteigenden Dünste die Veranlaßung zu der Einsetzung der Gläser gegeben hätten, und endlich, daß beyderseits die Strahlen, indem sie durch ein dichtes und dunkles Mittel führen, dem Gesichte empfindbarer würden. Galileus erzählet dies selbst mit vieler Munterkeit, und vergleicht diese Leute mit den Alchymisten, welche sich einbilden, daß die Goldmacherkunst den Alten bekannt gewesen sey, aber unter den Fabeln der Dichter versteckt liege q).

In dem Anfange des Julius desselben Jahres, 1610., erblickte Galileus, der damals noch zu Padua war, den Ring des Saturns, wiewohl noch sehr undeutlich, so, daß er daher glaubte, dieser Planet bestehe aus drey Stücken, und ihn deswegen in der seinen Freunden ertheilten Nachricht, den dreytheilichten Planeten, (planetam tergeminum) nannte.

Noch zu Padua, entweder im Julius oder zu Anfange des Augusts dieses Jahres beobachtete er einige Flecken an der Sonne. Wider seine Gewohnheit fand er es nicht für gut, damals gleich seine Entdeckung bekannt zu machen, theils aus Furcht, sich den Haß vieler hartnäckiger Paripatetiker noch mehr zuzuziehen; theils auch, um genauere Betrachtungen über diese merkwürdige Erscheinung anzustellen, und die wahrscheinliche Ursache derselben zu erforschen. Er begnügte sich damit, daß er einigen seiner Freunde zu Padua und Venedig, worunter ich auch den Pater Paul finde, seine Wahrnehmungen mittheilte. Ueber diesen Aufschub machte ihm der berühmte Scheiner seine Entdeckung streitig, als der im October 1611. ebenfalls die Sonnenflecken beobachtet, und wie ich glaube, seine Wahrnehmungen eher, als Galileus die seinige bekannt gemachet hatte r).

p) Vita del Galileo, p. 57 etc.

q) Opere del Galileo, vol. 4. p. 91. Man sehe auch den Briefwechsel des Galileus mit Keplern, in der von Hansch herausgegebenen Sammlung. K.)

r) Noch eher als Scheiner hat Johann Fabricius, aus Friesland, seine Beobachtung der Sonnenflecken bekannt gemachet, in einer Schrift von 5 Bogen, narratio de maculis in sole observatis, Vitembergae, a. 1611. den 13 Junius. S. Weidleri histor. Astron. p. 435. K.

Gegen das Ende des Augusts verließ Galileus Padua, und gieng nach Florenz. Im folgenden November erkannte er zuversichtlich, daß die Venus vom vorigen September an, beständig an Größe zugenommen hatte, und daß ihre Phasen den Mondswandlungen gleich sich änderten. Mit Ausgange des Merz 1611. gieng Galileus nach Rom, wo er den Kardinälen und dem vornehmsten Adel das Vergnügen machte, die von ihm entdeckten Wunder am Himmel und darunter die Sonnenflecken durch sein Fernrohr betrachten zu lassen.

Wegen dieser Entdeckung bekam Galileus den Zunamen **Lynceus**, von dem wegen seines scharfen Gesichts berühmten Argonauten. Außerdem stiftete der Marchese **Monticelli** eine Akademie unter dem Namen De' Lincei, und machte ihn zum Mitgliede davon [s]). Neun und zwanzig Jahre genoß Galileus das Vergnügen, den Himmel durch sein Fernrohr zu betrachten, und die Astronomen beständig mit seinen Wahrnehmungen zu bereichern. Aber durch gar zu große Anstrengung und durch die Feuchtigkeit der Nachtluft wurden seine Augen immer schwächer, bis er im Jahre 1639. gänzlich blind ward. Er ertrug, wie es einem so großen Philosophen anständig war, dieses Unglück mit vieler Geduld und Gelassenheit, ohne die Munterkeit seines Geistes dadurch zu verlieren, oder sich in seinen Untersuchungen unterbrechen zu lassen [ſſ]). Daß es so gar schmerzlich nicht fallen muß, blind zu werden, wie Galileus, der seine Augen zur Erweiterung der **Wissenschaften** aufgeopfert zu haben sich bewußt war, oder wie Milton, der den noch größern Trost hatte, die seinigen bey Verfechtung der **öffentlichen Freyheit** verloren zu haben, wird jeder meiner Leser leicht begreifen.

Das erste Fernrohr, welches Galileus verfertigte, vergrößerte nur dreymal, aber bald darauf machete er eins, das achtmal vergrößerte; und darauf brachte er, wiewohl mit vieler Mühe und Unkosten eines, das drey und dreyßig mal vergrößerte, zu Stande. Dies war dasjenige, damit er die Trabanten des Jupiters und die Sonnenflecken entdeckte [t]).

Keplers Verdienste um die Teleskope.

So sehr auch Galileus sich um die Teleskope verdienet gemachet hat, so ist es doch nicht durch die Erfindung, oder dadurch, daß er die Art der Wirkung dieses Werkzeuges vollständig erkläret hätte. Diesen wichtigen Dienst leistete der Optik **Johann Kepler**, dessen Name in der Geschichte der Naturwissenschaft so mannigfaltig berühmt ist, und zwar besonders wegen der Entdeckung des Gesetzes, nach welchem sich die Himmelskörper bewegen, nämlich, daß die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Würfel der Entfernungen von dem Centralkörper verhalten; eine Thatsache, deren physikalischen Grund erst Newton angab. Kepler war Astronom in Diensten verschiedener Kaiser [u]), ein Gehülfe des berühmten Tycho Brahe und der Lehrer des Descartes, (und der Vorgänger Newtons).

Kepler

s) Vita del Galileo, p. 60.

ſſ) General biographical dictionary, vol. 5. p. 269.

t) Montucla, vol. 2. p. 168. (Nuncius sidereus p. 3. K).

u) Rudolphs II. Matthias, und Ferdinands II. K.

Kepler machete verschiedene Entdeckungen über die Beschaffenheit des Sehens, und erklärete nicht allein die Art der Wirkung an denjenigen Teleskopen, die damals im Gebrauche waren, sondern gab auch Methoden an, noch andere von größerer Wirkung und mehrerer Bequemlichkeit im Gebrauche zu machen. Um dem Leser einen deutlichen Begriff von diesen großen Verbesserungen in der Optik zu geben, muß ich die Lehre von der Brechung des Lichts durch Mittel von verschiedener Figur erklären, um welche sich Kepler vorzüglich verdient gemachet hat v).

Brechung des Lichtes durch Kugelflächen. fig. 10.

Es sey also D A, ein Lichtstrahl, der auf ein dichtes erhabenes Mittel fällt, dessen Mittelpunkt in E ist. Die Linie E e ist das Einfallsloth in A, der Strahl gehet von A nicht nach der geraden Linie D A t in dem dichtern Mittel fort, sondern wird, nach dem Einfallslothe hin in die Linie A T gebrochen (doch so, daß D A sowohl als A T beyde in derselben auf die krumme Ebene senkrechten Ebene durch E e sind.) Die Strahlen, welche parallel mit jenem, in gleicher Entfernung von dem mit ihnen parallelen Halbmesser E C, wie in B, auffallen, werden nach demselben Punkte T hin gebrochen, und nicht diese allein, sondern auch die übrigen Parallelstrahlen sehr beynahe. (Die Entfernung C T ist, wie Kepler gefunden hat, dreymal so groß als E C, für die Brechung aus Luft in Glas w).

fig. 11.

Fallen die Strahlen innerhalb des dichtern Mittels auf die hohle Fläche, so werden sie in dem dünnern Mittel nach einem Punkte T gebrochen. Denn der Strahl D A gehet von A aus nicht nach der geraden Linie D x fort, sondern wird von dem Perpendikel E f nach A T gebrochen. So werden auch die Parallelstrahlen, die in derselben Entfernung von dem parallelen Halbmesser E C einfallen, mit allen übrigen parallelen Strahlen, nach demselben Punkte hin gebrochen. (Es ist für Licht und Glas C T = 2 C E, wie Kepler auch bemerket hat.)

fig. 12.

Hieraus begreift man, wie ein auf beyden Seiten erhabenes Glas die Parallelstrahlen in einen Punkt auf der andern Seite vereiniget. Die Parallelstrahlen, welche auf ein solches Glas zwischen A und B fallen, zielen nach der ersten Brechung von der Vorderfläche

v) Hr. Priestley glaubet, daß Maurolycus etwas in dieser Lehre geleistet habe, und wünschet, daß er desselben Schrift mit den Keplerischen hätte vergleichen können. Maurolycus aber so wenig als Porta, haben das geringste von Wichtigkeit hierinn geleistet. Der erstere hat über Brechung durch Linsengläser so gut wie nichts gesaget; bloß über die Brechung durch Kugeln hat er einige ohngefähre Bestimmungen herausgebracht. Das Porta seine Sätze enthalten nichts, was man nicht aus jeder mit freyer Hand entworfenen Zeichnung weit besser herausbringen könnte. Wenn man des Maurolycus, des Porta und Keplers optische Schriften gleich hinter einander lieset, so wird der Sprung von jenen auf diese so sichtbarlich groß, daß man sich nicht einbilden kann, daß Kepler der nächste Nachfolger dieser beyden ist. K.

w) Wenn man mit Keplern voraussetzet, daß bey Einfallswinkeln unter 30 Gr. die Brechungswinkel jenen proportional sind, und sich am Glase zu ihnen verhalten, wie 2 zu 3, so ist t A E zu T A E wie 3 zu 2, also t A T oder A T E zu T A E, wie 1 : 2, und, weil sich nun auch die Seiten des Dreyecks A T E, wie die gegenüber stehenden Winkel, beynahe verhalten, so ist E A : E T = 1 : 2, also ist C T = 3 C E. Dies ist Keplers Beweis, Dioptr. propos. 35. K.

derfläche nach einem Punkte T hin; durch die Brechung bey dem Ausgange in die Luft, werden sie nach einem Punkte F näher beym Glase hin gebrochen, und dieses um desto mehr, da sie schon im Glase convergirten.

fig. 13. Die Wirkung der Hohlgläser begreiflich zu machen, sey A B ein Kreisbogen auf der hohlen Oberfläche eines dichtern Mittels; beyder Mittelpunkt sey E. Hier wird D A nach dem Einfallslothe E A zu gebrochen, gleichwie der in E auffallende, daß sie also in dem dichtern Mittel aus einander fahren. Die übrigen Parallelstrahlen fahren auch aus einander, als wenn sie von einem Punkte T zusammen herkämen. Bloß der senkrecht auffallende Strahl T C geht ungebrochen durch. (Es ist C T — 3 C E, wenn die Strahlen aus der Luft in Glas gehen.)

fig. 14. Kommen die Parallelstrahlen aus dem dichtern Mittel, so werden sie, wenn sie auf die erhabene Seite A B fallen, in dem dünnern Mittel aus einander fahren. Denn, wenn diese eine Kugelfläche ist, deren Mittelpunkt E, so wird der Strahl D A von A E abwärts gebrochen, und alle übrige Strahlen desgleichen, als wenn sie von einem Punkte T ausführen. (Gehen die Strahlen aus Glas in Luft, so ist T C — 2 C E.)

fig. 15. Hat man also ein Hohlglas A B, so werden die Strahlen, welche auf die eine Seite parallel fallen, auf der andern auseinander fahren. Die Vorderfläche macht, daß sie in dem Glase gleichsam als von einem Punkte T her aus einander fahren. Die Hinterfläche zerstreuet sie noch mehr, daß sie von einem dem Glase nähern Punkte F herzukommen scheinen.

Kepler war der erste, der aus diesen Grundsätzen eine deutliche Erklärung der Wirkung der Linsengläser gab, wie sie die Strahlen sammeln oder zerstreuen. Er zeigte, daß ein Planconvexglas die mit der Axe parallelen Strahlen, (welche auf die ebene Seite fallen) in der Entfernung des Durchmessers der erhabenen Seite hinter dem Glase vereinige [x]); und daß für ein auf beyden Seiten gleich erhabenes Glas der Vereinigungspunkt paralleler Strahlen in den Mittelpunkt der Vorderfläche falle [y]). Für Gläser, deren Flächen ungleich erhaben sind, hat er keine Regel, ihren Brennpunkt zu finden, gegeben, sondern sagt nur, daß er dem Glase näher als drey Halbmesser der Vorderfläche und auch näher als zwey Halbmesser der Hinterfläche liege [z]). Die Bestimmung dieses Punktes hat man dem Cavallerie [a]) zu danken. Er gab folgende Regel darüber an: **Wie sich verhält die Summe der Durchmesser der beyden Flächen des Glases zu einem derselben, so verhält sich der andere zu der Brennweite**, oder der Entfernung des Vereinigungspunktes der Parallelstrahlen vom Glase [b]). Bey Convexgläsern liegt der Brennpunkt hinter dem Glase, und die Strahlen kommen wirklich in ihm zusammen;

Regel für den Brennpunkt.

x) Kepleri Dioptr. prop. 35. K.
y) ibid. prop. 39. K.
z) ibid. prop. 38. K.
a) Ein Jesuite oder Hieronymiter-Mönch, der in der Geschichte der höhern Geometrie merkwürdig ist. Er ist 1598 gebohren, war zu Bologna Professor, und starb daselbst 1647. K.
b) Montucla, vol. 2. p. 176.

men; bey Concavgläsern liegt er vor dem Glase, und die Strahlen fahren so aus-einander, als wenn sie von ihm herkämen.

Hieraus kann man leicht beurtheilen, wie ein Converglas die Richtung der Strahlen ändert, welche von einem Punkte in der Axe desselben herkommen. Weil auffallende Parallelstrahlen in dem Brennpunkte zusammen kommen, so werden die Strahlen, die von dem Brennpunkte her auffallen, parallel mit der Axe ausfahren. Kommen sie von einem Punkte zwischen dem Brennpunkte und dem Glase, so werden sie aus einander fahrend bleiben, aber nicht so stark wie vorher. Kommen sie aber von einem Punkte, der weiter als der Brennpunkt vom Glase liegt, so wird ihr Vereinigungspunkt jenseits des Brennpunktes auf der andern Seite vom Glase liegen. **Kepler** bemerkte noch insbesondere, daß wenn die Strahlen von einem Punkte in der doppelten Entfernung des Brennpunktes vor dem Glase ausfahren, sie in eben der Entfernung hinter dem Glase sich vereinigen werden [c]. Spätere optische Schriftsteller haben die Sache genauer vorgenommen, und den Vereinigungspunkt für jede Entfernung des leuchtenden Punktes in der Axe vom Glase angegeben. **Kepler** aber war mit der Astronomie und andern Untersuchungen zu sehr beschäfftiget, als daß er auf die Geometrie viel Fleiß wenden konnte [d]. Da es meine Absicht nicht ist, mich auf die Geschichte der bloß geometrischen Untersuchungen in der Optik einzulassen, so will ich mich begnügen, aus Montucla folgende Regel den Vereinigungspunkt betreffend, anzuführen. Nämlich, **der Unterschied der Entfernung des leuchtenden Punktes vom Glase und der Brennweite verhält sich zur Brennweite, wie jene Entfernung zur Weite des Vereinigungspunktes hinter dem Glase.** Dieser Vereinigungspunkt verwandelt sich in einen Zerstreuungspunkt vor dem Glase, wenn der leuchtende Punkt zwischen dem Brennpunkte und dem Glase liegt [e].

Regel für den Vereinigungspunkt der Convergläser.

Wer diese Sätze gut gefasset hat, wird die Wirkung der Teleskope und Mikroskope leicht begreifen können. Ich will mich bemühen, in diesem Abschnitte, von diesen Werkzeugen einen allgemeinen, doch zu meiner Absicht hinreichenden Begriff, zu geben.

Die

c) Der Satz ist von jedem Converglase wahr: Kepler konnte ihn aber nur von dem auf beyden Seiten gleich erhabenen beweisen. Dioptr. prop. 41. **K.**

d) Genauer vielleicht: Kepler hatte soviel in der Optik entdecket, daß er für sie genung gethan zu haben glauben mochte. Oder war es ihm noch zu schwer, die völligern Formel der Dioptrik zu finden! Ich will es nicht ganz leugnen. Die Schritte des menschlichen Verstandes sind langsam, besonders sind sie es in Absicht auf jene Formeln gewesen, die uns jetzt so leicht scheinen. Denn ich kann nicht finden, daß man vor **Barrow** die Regeln für die Vereinigungspunkte der Linsengläser vollständig gewußt habe. **K.**

e) Montucla, vol. 2. p. 177. (Montucla ist keine gute Autorität. Die Regel gilt nur für den Fall, wenn beyde Flächen erhaben sind. Sind sie beyde hohl, so muß man statt des Unterschiedes die Summe, und statt eines Vereinigungspunktes einen Zerstreuungspunkt vor dem Glase nehmen. Die übrigen Fälle, da eine Seite eben, oder eine hohl, die andere erhaben ist, halte ich nicht für nöthig, hier durchzugehen. **K.**)

Erklärung der Teleskopen überhaupt.

Die vornehmsten Wirkungen der Teleskope hängen von folgenden einfachen Grundsätzen ab; nämlich, daß ein Gegenstand so viel vergrößert erscheint, als der Winkel, unter welchen man ihn sieht, größer wird f); und daß es einerley ist, ob die Strahlenkegel, wodurch ein Gegenstand sichtbar ist, von ihm selbst, oder von einem nähern Orte herkommen, wo die Strahlen jedes Kegels so vereiniget werden, daß sie daselbst ein Bild des Gegenstandes machen. Denn sie gehen von diesen Punkten, ob gleich kein wirklicher Gegenstand da ist, doch eben so aus, wie von den dazu gehörigen Punkten des Gegenstandes.

Alles also, was ein Teleskop leistet, ist, daß es erstlich durch ein Linsenglas oder einen Spiegel ein Bild des entfernten Gegenstandes zuwege bringt; und daß es zweytens dem Auge behülflich ist, dieses Bild so nahe als möglich zu betrachten, damit der Gesichtswinkel in Vergleichung mit demjenigen, unter welchem der Gegenstand dem bloßen Auge erscheint, sehr groß seyn möge. Dieses leistet das Augenglas, welches die Strahlen jedes Kegels so bricht, daß sie weiter durch die Feuchtigkeiten des Auges auf der Netzhaut in einen besondern Punkt zusammen kommen. Wäre ein Auge so gebildet, daß es ohne Hülfe eines Augenglases, in derselben Entfernung vom Bilde, es so deutlich, wie ein anderes Auge, sehen könnte, so würde es das Bild unter demselben Winkel, und den Gegenstand eben so sehr vergrößert sehen, ob gleich das Gesichtsfeld (campus visionis) ihm nie so groß ausfallen wird, als diesem.

Wenn man einen Gegenstand oder das Bild eines Gegenstandes zu betrachten, statt eines Glases ein mit einem kleinen Loche durchbohrtes Papier oder dünnes Blech nimmt, und es hart ans Auge hält, so kann man das Auge der Sache oder dem Bilde sehr nähern, und bey gleicher Entfernung wird die scheinbare Größe des Gegenstandes in beyden Fällen einerley seyn. Denn ist das Loch so klein, daß es nur einen einzigen Strahl von jedem besondern Punkte der Sache durchläßt, so werden diese Strahlen auf so viele besondere Punkte der Netzhaut fallen, und ein deutliches Bild machen g). Bloß die Strahlenkegel, darinne die äußern Strahlen einen merklichen Winkel mit einander machen, können, indem sie sich auf der Netzhaut ausbreiten, und mit einander vermischen, ein undeutliches Bild verursachen. Weil aber durch ein sehr enges Loch nur sehr wenig Strahlen kommen können, so ist selten Licht genug da, daß man diese Art mit Vortheil brauchen könnte h).

Woferne das Objectivglas kein wirkliches Bild vor dem Auge entwirft, so wird doch, wenn vermittelst eines Augenglases die Strahlenkegel so gebrochen werden, als wenn sie von einem Bilde irgendwo vor dem Auge herkämen, der Gesichtswinkel

f) Wenn man von der Größe der Sache keine Kenntniß hat, wie hier freylich der Fall ist. K.

g) Smith's Opticks, vol. I. p. 37. der d. A. S. 34.

h) Dr. Francklin hat mir erzählet, sein Auge sey so beschaffen, daß er sich mancher Objectivgläser ohne ein Augenglas zu Hülfe zu nehmen, sehr bequem bedienen könne; daß er also, um sich ein gutes Teleskop zu verschaffen, nur ein einziges Glas brauche.

winkel eben derselbe seyn, der er bey einem wirklichen Bilde an dieser Stelle seyn würde.

Erklärung des Galileanischen Fernrohres. fig. 16.

* Hieraus läßt sich die Wirkung des Galileanischen Fernrohres leicht begreifen. Es sey ACB ein entfernter Gegenstand, der von jedem seiner Punkte Strahlen auf das Converglas DE sendet, welche wegen der großen Entfernung des Gegenstandes als parallel betrachtet werden. Die von dem Punkte C in der Axe des Glases vereinigen sich in dem Brennpunkte desselben, G. Die Strahlen, welche von einem andern Punkte A ausfahren, vereinigen sich auf der Linie AFH, die durch das Mittel F des Glases DE, wenn es gleich viel convex ist, gezogen wird, in dem Punkte H, wo die auf die Axe senkrechte GH sie schneidet. Auf eben die Art liegt das Bild des Punktes B in I auf der Linie BFI. Das Hohlglas KL werde nun vor dem Bilde IGH gesetzt, so daß der Zerstreuungspunkt desselben in G falle. Weil nun die mit der Axe parallelen Strahlen, welche von der Seite des Punktes G herkämen, so würden gebrochen werden, daß sie von G auszufahren scheinen würden: so werden auch umgekehrt die Strahlen, welche nach G zielen, durch das Glas parallel mit der Axe gemacht. Die Strahlen, welche nach H zielen, werden gleichfalls mit der Linie HM, die von H nach der Mitte des Glases M geht, parallel gebrochen; so wie die nach I fahrenden mit der Linie IM parallel werden. Sieht das Auge, welches gleich hinter dem Hohlglase sich befindet, in der Ferne deutlich, so werden diese Strahlencylinder auf der Netzhaut jeder in einen Punkt vereiniget, und man sieht den Gegenstand ACB deutlich und vergrößert. Die Strahlencylinder machen den Winkel IMH am Auge mit einander, der größer ist, als der Winkel AFB, unter welchem das Objekt AB dem bloßen Auge erscheinen würde, und zwar in dem Verhältnisse von FG zu MG; weswegen man auch die Vergrößerung durch den Quotienten der Brennweite des Objectivglases, dividiret durch die Brennweite des Ocularglases, mißt. Die Weite MF macht keine Veränderung in dem Gesichtswinkel, da sie mit FC nicht zu vergleichen seyn soll. Es wird vorausgesetzet, daß das Auge so breit ist, daß die von A und B kommenden Strahlen es nicht vorbey gehen. Der Gegenstand erscheint aufrecht, weil die von dem obern Punkte A herkommenden Strahlen bey L so ausfahren, als wenn sie von einem Punkte über der Axe herkämen; und die von B bey K ausfahrenden von einem Punkte unter der Axe auszufahren scheinen. Die größere Helligkeit, wodurch jeder Punkt der Sache dem Auge viel empfindlicher wird, wenn es das Rohr gebraucht, als ohne dasselbe, rühret daher, daß alle die Strahlen, welche auf das Objectivglas fallen, in einen Cylinder verdichtet werden.

Dieses ist nun das erste Teleskop, das von den Naturforschern gebrauchet ist. Es hat aber die große Unbequemlichkeit, daß das Gesichtsfeld daran sehr klein ist. Denn weil die Strahlencylinder sehr divergirend ins Auge kommen, so kann der Stern nur wenige derselben auffangen, und zwar desto weniger, je stärker das Teleskop vergrößert. Deswegen kann man jetzt kaum begreifen, wie Galileus und andere damit so viel haben entdecken können, als sie wirklich gethan haben. Ihre Geduld und Geschicklichkeit muß sehr groß gewesen seyn. Gleichwohl hat man lange

Zeit nach der ersten Entdeckung sich um kein anderes bekümmert. Descartes, der dreyßig Jahre nachher schrieb, erwähnet keiner andern Gattung, obgleich Kepler einige angegeben hatte.

Astronomisches Fernrohr.

Diesem großen Manne sind wir das astronomische Fernrohr schuldig, das deswegen so genannt ist, weil es zur Betrachtung der Himmelskörper am dienlichsten ist. Die Art der Wirkung und die Vortheile desselben zeiget er in seiner Dioptrik ganz deutlich [i]; aber er brachte, welches sonderbar ist, seine vortreffliche Theorie nicht zur Ausübung [k]. Montucla muthmaßet, daß es deswegen nicht geschehen sey, weil er die beträchtliche Vergrößerung des Gesichtsfeldes nicht bemerket habe; daß er also, bey seinen vielen anderweitigen Beschäfftigungen es für unnöthig gehalten, viele Mühe auf diese neue Gattung zu wenden. Es konnte ihm auch nicht unbekannt seyn, daß dieses Fernrohr in Vergleichung der Vergrößerung länger werden müßte, weswegen es ihm nicht einmal so gut als das erstere scheinen mochte.

Indessen währete es doch nicht lange, daß Keplers Entwurf ausgeführet wurde. Es war der Pater Scheiner, der zuerst ein Teleskop darnach verfertigte, wovon er die Beschreibung in seiner 1630 herausgekommenen Rosa vrsina gegeben hat. Wenn man, saget er, zwey ähnliche Linsengläser (das ist, die beyde convex sind) in eine Röhre fasset, und das Auge hinter dem einen in gehöriger Entfernung stellet, so wird man alle Gegenstände zwar umgekehrt, aber vergrößert, sehr deutlich, und dabey viel auf einmal, erblicken. Weiterhin giebt er eine Nachricht von einem noch andern Teleskope mit zwey convexen Augengläsern, wodurch das Bild wieder verkehrt gemachet, und der Gegenstand aufrecht dargestellet wird. Auch dieses ist ein Gedanke vom Kepler, den er aber eben so wenig, wie den erstern ausgeführet hat [l]. Uebrigens war diese Einrichtung wenig brauchbar [m]. Aber der Pater Rheita fiel sehr bald hernach auf eine andere, dabey drey Augengläser statt eines gebraucht werden [n].

fig. 17.

* Da die erste und letzte dieser Gattungen jetzt die gewöhnlichsten sind, so will ich einen kurzen Begriff von ihnen geben. Das Objectivglas ist D E F, welches von dem weit entferneten Gegenstande A B C aus dem Orte, wo sein Brennpunkt H ist, ein umgekehrtes Bild machet, indem die Strahlen von A in G, die von C in I zusammenkommen. Diese Strahlen werden von einem zweyten Convexglase K M, von kürzerer Brennweite L H, und das so gestellet ist, daß sein Brennpunkt in H fällt, aufgefangen. Weil die von der andern Seite mit der Axe parallel auffallenden Strahlen nach H gebrochen werden, so fahren umgekehret, die von H auffallenden Strahlen parallel mit der Axe aus. Die von G auffallenden werden mit

i) Dioptrica, prop. 86. K.

k) Kepler war selbst kein Künstler. Dies gesteht er in einem Briefe an den Galileus, wo er sich auch beklaget, daß er kein hinlänglich gutes Objectivglas gemachet bekommen könnte, um die Erscheinungen am Saturn wahrnehmen zu können. Hieraus läßt sich erklären, warum er seine Theorie nicht in der Ausübung versuchet hat. K.

l) Dioptr. pr. 89. K.

m) Sie gerathen zu lang. S. Euleri Dioptr. T. II. p. 257. K.

n) Montucla, vol. 2. p. 170.

mit der Linie G L, durch G und das Mittel des Glases L parallel gebrochen, so wie die von I herkommenden mit I L parallel ausfahren. Ein Auge, das in dem Orte O, wo die Strahlencylinder sich kreuzen, befindlich ist, bekömmt ein deutliches Bild des Gegenstandes, woferne es nicht kurzsichtig ist. Der Gegenstand erscheint umgekehret, weil das Auge das umgekehrte Bild desselben betrachtet, dessen Lage durch das Glas nicht geändert wird. Man übersieht durch dieses Teleskop viel, weil alle Strahlencylinder, da sie durch das Glas zusammenfahrend gemachet werden, in das Auge, welches in dem Orte ihrer Zusammenkunft steht, kommen können.

Die Vergrößerung dieses Teleskops zeiget der Quotient an, welchen die Brennweite des Objectivglases durch die Brennweite des Augenglases dividirt giebt. Denn der Winkel, unter welchem der Gegenstand dem bloßen Auge erscheint, ist AEC, oder IEG. Die Länge des Rohrs kommt gegen die Entfernung des Gegenstandes nicht in Betrachtung. Der Winkel, unter welchem das Bild dem Auge erscheinet, ist KPM oder ILG. Es verhalten sich aber IEG und ILG wie LH zu EH.

Wenn das Verhältniß der Brennweiten in diesem und dem Galileanischen Fernrohre einerley ist, so vergrößern beyde gleich viel, und das letztere ist um die doppelte Brennweite des Augenglases kürzer.

Eben dieses gewähret eine größere Deutlichkeit, vielleicht weil zwischen dem Auge und dem Gegenstande kein Bild in der Mitte liegt. Dazu kömmt, daß das Hohlglas in der Mitte sehr dünne ist, und die Strahlen daher weniger Abweichungen wegen der Ungleichheit in der Materie des Glases unterworfen seyn mögen. Dem sey wie ihm wolle, so ist gewiß, daß man die Jupiters Trabanten bisweilen durch ein Galileanisches Fernrohr von 20 Zoll oder zwey Fuß sehr deutlich sehen kann, wenn ein gewöhnliches astronomisches von vier bis fünf Fuß sie kaum erkennen läßt [o]).

In dem **Erdrohre** (tubus terrestris) wird erstlich durch das Objectivglas DD ein Bild des Gegenstandes ACB in EF gemachet, von welchem die Strahlen, die zu jedem Punkte gehören, durch das erste Augenglas HI parallel mit einander ausfahren. Anstatt hierauf ins Auge zu kommen, werden sie von einem zweyten Augenglase LM aufgefangen, das mit dem ersten einen gemeinschaftlichen Brennpunkt hat, in welchem sich die Strahlen kreuzen. An dem Orte des Brennpunktes dieses Glases entsteht ein zweytes Bild NO, das gegen die Linse LM so liegt, wie das Bild EF gegen das Glas HI, aber in einer entgegengesetzten Lage. Dieses Bild wird durch ein drittes Glas QR, in dessen Brennpunkte es liegt, von dem Auge betrachtet, eben so wie vorher, nur daß jetzt der Gegenstand aufrecht erscheint, weil sein Bild dem Auge sich so darstellet.

Das Erdrohr. fig. 18.

Eben der Pater Rheita, dem man dieses nützliche Werkzeug zur Betrachtung der Gegenstände auf der Erde zu danken hat, erfand auch das Binocular

o) Martin's new elements of Opticks, p. 18.

Teleskop, welches in der Folge Pater Cherubim von Orleans in Gang zu bringen suchte. Dieses besteht aus zwey mit einander verbundenen Fernröhren, die nach einem und demselben Gegenstande gerichtet werden. Wenn diese gut zusammen gestellet sind, so erscheint durch beyde zugleich der Gegenstand größer und dem Auge näher, als durch eines allein, obgleich beyde genau gleichviel vergrößern. Allein es ist dies nichts als ein Gesichtsbetrug, der dadurch verursachet wird, daß zwey gleich stark erleuchtete Bilder einen stärkern Eindruck machen. Dieser Vortheil hebet sich aber wieder gegen die Unbequemlichkeiten bey dem Gebrauche des Werkzeuges p).

Jansen erfindet das Mikroskop.

Die Mikroskope sind sehr bald nach den Teleskopen erfunden. Denn Borellus, dessen Nachricht, soviel ich finde, von niemand in Zweifel gezogen wird, schreibt sie dem Zacharias Jansen und dessen Sohne gemeinschaftlich zu. Vermuthlich haben wir also beyde Werkzeuge einem und demselben Erfinder zu danken, wiewohl wir ihm für das Mikroskop noch mehr als für das Teleskop verbunden seyn mögen, da jenes in der Naturforschung einen vielfältigern und ausgedehntern Nutzen hat als dieses. Freylich scheint es uns größrer und wunderbarer, Körper, die wegen ihrer ungeheuern Entfernung dem unbewaffneten Auge nicht sichtbar sind, sehen zu können, als nahe Dinge, die wegen ihrer Kleinigkeit undeutlich sind; und das Teleskop erwecket also einen erhabenern Begriff als das Mikroskop. Beyde Werkzeuge sind, ungeachtet ihres verschiedenen Gebrauches, sich doch sehr ähnlich. Eines wie das andere vergrößert den Sehewinkel, der sonst so klein ist, daß die Dinge uns unbekannt bleiben würden.

Die Jansens sind inzwischen in dem Antheile, der ihnen an der Ehre der Erfindung sowohl des Teleskops als des Mikroskops zuzukommen scheint, nicht unangefochten geblieben. Größtentheils ist man wegen des letztern noch zweifelhafter als wegen des erstern gewesen. Alles was man zuverläßig wisse, sagen manche Schriftsteller, sey dieses, daß Mikroskope zuerst um das Jahr 1621. in Deutschland im Gebrauche gewesen sind. Andere behaupten, daß Cornelius Diebel q) der Erfinder sey: ein Mann, der zwar kein gelehrter Naturforscher, aber doch ein nachgrübelnder, scharfsinniger Kopf war, der auch das Thermometer erfunden hat r).

Dem Borellus zufolge, überreichten Zacharias Jansen und sein Sohn, die von ihnen zuerst verfertigten Mikroskope dem Prinzen Moriz und dem Erzherzoge von Oesterreich, Albert. Wilhelm Borell, der dieses in einem Briefe an seinen Bruder Peter s) erzählet, füget hinzu, daß im J. 1619., da er Gesandter in England

p) Montucla, vol. 2. p. 173.

q) Saverien, p. 257.

r) Huygens saget in seiner Dioptrik, p. 221. Daß im J. 1618 das Mikroskop noch nicht erfunden seyn müsse, weil Syrturus, der in diesem Jahre von den Fernröhren geschrieben, dieser so wichtigen Erfindung nicht gedenke. Das Zeugniß des Syrsalis, welches Fontana für sich anführe, sey nicht älter als von 1625. Aber daß 1621 schon bey Drebeln in England Mikroskope gesehen worden, habe er von Augenzeugen gehöret; auch sey dieser für den Erfinder gehalten. Beyde konnten wohl durch Versuche ohne Theorie zugleich darauf gekommen seyn. K.

s) Der holländische Gesandte war, wie aus verschiedenen Umständen klar erhellet, kein

land gewesen, Cornelius Drebel, der sein vertrauter Freund war, ihm ein Mikroscop gezeiget, welches er von dem Erzherzoge bekommen, und das von Jansen selbst verfertiget worden. Dieses war aber nicht so kurz, wie man sie jetzt macht. Es war sechs Fuß lang, bestand aus einer Röhre von vergoldetem Kupfer, einen Zoll weit und ruhete auf drey messingenen Säulen, wie Delphine gestaltet, auf einem Fuße von Ebenholz, worauf die von oben herunter zu betrachtenden kleinen Gegenstände geleget wurden ss).

Das Drebelische Mikroskop war also offenbar ein zusammengesetztes, oder ein Mittelding zwischen Teleskop und Mikroskop, welches man jetzt vielleicht lieber ein Megaloskop nennen würde. Die einfachen Mikroskope können schon früher bekannt und im Gebrauche gewesen seyn. Es fiel aber vielleicht Niemand ein, einfache Gläser so zu benennen, obgleich Linsengläser, sobald sie erfunden sind, zu nichts anders als zur Vergrößerung kleiner Gegenstände gebrauchet werden konnten. In diesem Verstande haben, wie wir oben gesehen, die Alten schon Mikroskope gehabt; und aus dem Jamblichus und Plutarchus, die Dr. Rogers anführet, erhellet, daß sie dergleichen Werkzeuge Dioptra nannten. Da Brillengläser schon lange vor den Teleskopen gewöhnlich gewesen sind, so ist es natürlich zu folgern, daß man die Linsengläser, um kleine Sachen dadurch zu betrachten, immer kleiner und erhabener gemachet habe, besonders weil man beyde fast auf dieselbe Art brauchet, indem man sie dicht ans Auge hält. Um welche Zeit man aber die einfachen Vergrößerungsgläser so klein, wie man jetzt pfleget, gemachet habe, das habe ich nicht finden können. Da dieses allmählig geschehen ist, so bleibt hier nur eigentlich die Frage von dem Erfinder des **zusammengesetzten Mikroskops** übrig. Diese entscheidet das oben angeführte Zeugniß des Borellus ganz deutlich für den Zacharias Jansen, den Erfinder des Teleskops oder für seinen Sohn.

Derselbe **Fontana**, der auf die Erfindung des Teleskops Anspruch machte, will auch das zusammengesetzte Mikroskop erfunden haben. Ungeachtet er seine Entdeckung, die er schon im Jahre 1618. gemacht zu haben behauptet, nicht vor 1646. bekannt gemacht hat, so ist doch Montücla, vielleicht weil er Borells Zeugniß übersehen hat, geneigt, ihm die Ehre der Erfindung zuzugestehen, weil sich niemand finde, der mehr Recht daran zu haben beweisen könne t).

Erklärung des einfachen Mikroskops. fig. 19.

* Das **einfache Mikroskop** besteht aus einem einzigen Linsenglase A B, in dessen Brennpunkte das Object C D gehalten wird. Der Strahl C E, der durch die Mitte des Glases geht, fährt so gut wie ungebrochen heraus; die übrigen, welche von eben diesem Punkte C auf die Linse fallen, werden so gebrochen, daß sie mit C E parallel werden. So ist es mit den Strahlen von jedem andern Punkte D auch

kein Bruder des Peter Borell. Er schreibt sich Borelius, und erzählet jenem, daß er aus Middelburg gebürtig sey, wo Zacharias Jansen sein Spielcamerad in der Jugend gewesen. Petrus Borellus war Königl. Französischer Rath und Leibarzt. (medicus ordinarius). K.

ss) Borellus de vero telescopii inventore pag. 35.

t) Montücla ist geneigt, den Fontana für den Erfinder des Mikroskops mit zwey Convexgläsern zu halten, weil er vermuthet, das Drebelsche habe, wie das erste Teleskop, ein hohles Augenglas gehabt. K.

D auch beschaffen, welche mit dem ungebrochenen DF durch das Mittel des Glases parallel ausfahren. Das Auge bekömmt also von jedem Punkte Parallelstrahlen, welche, woferne es nicht kurzsichtig ist, auf der Netzhaut in einen Punkt wieder zusammengebracht werden. Der Sehewinkel wird nicht vergrößert, aber das Glas machet die stark divergirenden Strahlen parallel, welche sonst nicht in einem Punkte der Netzhaut sich vereinigen würden. Könnte ein Auge in der Entfernung der Sache vom Glase, ungeachtet der stark divergirenden Strahlen, sie doch deutlich sehen, so würde das Bild auf der Netzhaut desselben eben so groß seyn, wie in dem andern Auge, welches sich des Glases bedienet. Die Vergrößerung schätzet man nach dem Verhältnisse der kleinsten Entfernung, in welcher das Auge die Sache noch deutlich sieht, zu der Brennweite des Glases. Ist z. E. das Glas ein kleines Kügelchen, dessen Brennweite $\frac{1}{20}$ Zoll, und die Gränze des deutlichen Sehens ist 8 Zoll, so vergrößert dieses Kügelchen in dem Verhältnisse von 8 zu $\frac{1}{20}$, oder 160 mal.

Erklärung des zusammengesetzten Mikroskops. fig. 20.

Das zusammengesetzte **Mikroskop** hat mit dem astronomischen Fernrohre viel ähnliches. Es besteht aus zwey Convexgläsern, davon das erstere A B, das Objectivglas, ein Bild der Sache machet, welches von dem Auge vermittelst des zweyten E F, des Ocularglases, betrachtet wird. Darinn sind aber beyde Werkzeuge unterschieden, daß bey dem Teleskop die Strahlen von jedem Punkte auf das Objectivglas so gut wie parallel fallen, und daß also das Bild der Sache in dem Brennpunkte des Glases liegt; dahingegen bey dem Mikroskope die Strahlen sehr aus einander gebreitet auffallen, so daß das Bild über den Brennpunkt hinausliegt, und größer als die Sache selbst wird. Dieses machet die Fig. 20 ganz deutlich. Die Strahlen, welche von den Punkten K C L des Gegenstandes herkommen, werden nach ihren Vereinigungspunkten N G M hingebrochen. Das hierdurch entstehende Bild M N ist in dem Brennpunkte eines zweyten Glases E F befindlich, wodurch das Auge die Strahlen von jedem Punkte parallel empfängt. Das Object scheint umgekehret, weil das von dem Auge betrachtete Bild umgekehrt ist. Das Gesichtsfeld ist größer als in dem einfachen Mikroskope, weil das Auge in O, wo die Strahlencylinder zusammenkommen, alle Strahlen, die auf das Glas E F fallen, auffaßt. Die Sache erscheint aus zwey Ursachen vergrößert: erstlich, weil das Bild M N, welches man statt der Sache selbst betrachtet, größer als die Sache ist; zweytens, weil man wegen des Augenglases, dieses Bild in einer kleinen Entfernung, als mit dem bloßen Auge betrachten kann.

Mikroskop mit drey Gläsern. fig. 21.

Gegenwärtig macht man die Mikroskope gewöhnlich mit zwey Augengläsern, wodurch man sowohl ein größeres Gesichtsfeld, als auch eine stärkere Vergrößerung erhält. Es sey G K das eingeschobene Glas, welches ziemlich breit seyn kann, weil die Strahlen von demselben nach dem vordern und eigentlichen Augenglase hin zusammen fahren. Dieses Glas bricht die Strahlenkegel, welche von dem Objectivglase herkommen, dergestalt, daß sie nach einem Vereinigungspunkte in O zielen; indem sie aber durch das Augenglas F D aufgefangen werden, so werden sie in I, zwischen dem Glase und seinem Brennpunkte L vereiniget; daß daher der Winkel D I F unter welchem der Gegenstand nun erscheint, größer ist als der Winkel D L F

unter

unter welchem er ohne das eingeschobene Glas würde erschienen seyn. Folglich ist die Vergrößerung in eben dem Verhältnisse stärker [u]). Dr. Hooke erzählet, daß er zu seinen meisten Betrachtungen ein solches Mikroskop mit einem breiten Mittelglase gebrauchet habe, wenn er recht viel mit einemmale hätte übersehen wollen; um aber die Sache in ihren Theilen genauer zu untersuchen, habe er es herausgenommen: weil, je weniger Brechungen geschehen, desto heller und klärer die Sache erscheint [v]).

Allgemeine Anmerkungen über Teleskope und Mikroskope.

Folgende Anmerkungen vom Dr. Smith will ich dieser Erzählung von Teleskopen und Mikroskopen noch beyfügen. Kurzsichtige müssen das Augenglas dem Vorderglase etwas nähern, damit die Strahlen von jedem Punkte nicht parallel ausfahren, sondern sich ausbreiten. Hierdurch wird die scheinbare Größe der Sache zwar ein wenig, aber fast unmerklich, verändert.

Die Helligkeit eines Fernrohres oder Vergrößerungsglases kommt auf die Oeffnung des Vorderglases an. Denn wäre dieses ganz mit Papier bedecket, das nur in der Mitte ein kleines Loch hätte, so würde das Bild, vermöge der Strahlen, die dieses Loch durchließe, noch eben so groß bleiben, aber in jedem Punkte so viel weniger Strahlen bekommen, als das Papier von jedem aufhielte. Bleiben aber Oeffnung und Brennweite des Vorderglases einerley, so erscheinen die Sachen heller oder matter, nachdem die Brennweite des Augenglases kleiner oder größer ist, d. i. nachdem das Werkzeug mehr oder weniger vergrößert. Denn bey einer stärkern Vergrößerung befindet sich ein größer Bild im Auge, welches aber unter diesen Umständen nicht mehr Licht enthält, als ein kleineres Bild; jedes nämlich so viel, als das Vorderglas durchläßt.

Folgende

u) Martin's Philosophia Britannica. vol. 3. p. 46. (Der Punkt O hat hier nichts zu thun, wenn er, der Zeichnung zufolge, der Durchschnitt eines derer von dem zweyten Glase gebrochenen Strahlen mit der Axe ist. Das Auge kömmt auch bey einem Mikroskop mit zwey Gläsern nicht in den Brennpunkt des Augenglases, sondern etwas weiter weg zu stehen. Die Einrichtung des **Mikroskops mit drey Gläsern** ist eigentlich diese. Das Objectivglas machet ein Bild der Sache, das noch über das Glas F D hinausfällt, aber nicht zur Wirklichkeit kömmt. Statt desselben machet das zweyte Glas ein Bild zwischen den beyden Augengläsern in dem Brennpunkte des vordern F D. Dieses betrachtet das Auge vermittelst des nächsten Glases. S. Euleri Dioptrica, T. 3. p. 164 seqq. Er giebt pag. 178 folgende Maaßen an. Brennweite des Objectivglases, ½ Zoll. Die Vorderfläche muß einen sechs- bis siebenmal größern Halbmesser als die Hinterfläche haben. Brennweite des zweyten Glases, 1 Zoll. Oeffnung ½ Zoll. Es ist gleichviel convex. Drittes Glas auch gleichviel convex, hat Brennweite, ⅓ Zoll; Oeffnung, ⅙ Zoll. Entfernung des zweyten und dritten Glases, ⅔ Zoll. Entfernung des Auges vom nächsten Glase, ⅙ Zoll. Entfernung der Sache vom Vorderglase, etwas über ½ Zoll, nachdem die Vergrößerung seyn soll. Die Entfernung des ersten und zweyten Glases ist die Vergrößerungszahl, dividiret durch 32 in Zollen, z. E. 10 Zoll, wenn das Mikroskop 320 mal vergrößert. Die Oeffnung des Vorderglases hängt von der Vergrößerung ab. Der Raum, den man an der Sache übersieht, ist im Durchmesser groß, einen Zoll dividirt durch die halbe Vergrößerungszahl z. E. $\frac{1}{50}$ Zoll bey der Vergrößerung 100. K.

v) Smith's Opticks, vol. 2. p. 402. Preface to Hoocke's Micrography.

Folgende allgemeine Erinnerungen, saget er, sind wegen des Sehens durch Gläser zu merken: die **scheinbare Undeutlichkeit** kömmt auf den Winkel an, den die äußersten auf das Auge fallenden Strahlen in einem Kegel mit einander machen; die **scheinbare Größe** auf den Winkel, den die Strahlenkegel von den äußersten Punkten der Sache mit einander machen; die **scheinbare Lage** auf die wirkliche Lage der äußersten Strahlenkegel, wie sie ins Auge fallen; und **die scheinbare Helligkeit** auf die Menge der Strahlen in jedem Kegel [w]).

Vierter Abschnitt.

Vermischte Entdeckungen Keplers und seiner Zeitgenossen.

Außer demjenigen, was Kepler in der Lehre von den Linsengläsern und in der Erklärung der Teleskope geleistet hat, hat man ihm noch verschiedene andere Aufklärungen in der Optik zu danken, besonders in der Untersuchung über die Strahlenbrechung, und die Beschaffenheit des Sehens; wiewohl er doch in Absicht auf jene nicht so glücklich gewesen ist, wie in der Erklärung des letztern.

Gesetz der Strahlenbrechung nach Keplern.

Die Bemühungen, die Wirkung der Teleskope und Mikroskope zu erklären, veranlaßten, daß man sich um die Größe der Brechung des Lichtes, wenn es aus Luft in Glas, und umgekehrt, geht, genauer bekümmerte. Kepler, der dem Wege des Lichtes in Fernröhren so glücklich nachspürte, bemühete sich eben so sehr, aber nicht mit so gutem Erfolge, das Gesetz der Strahlenbrechung zu entdecken. Alles, was er herausbringen konnte, war dieses, daß wenn der einfallende Strahl mit dem Einfallslothe einen Winkel unter 30. Gr. machet, der Brechungswinkel ohngefähr zwey Drittheile des Einfallswinkels ist. Da die Objectivgläser selten mehr als 20 Gr. von dem Mittel bis zum Umfange halten, so glaubte er, und das nicht mit Unrecht, daß dieses Brechungsverhältniß zum Gebrauche hinlänglich genau wäre [a]).

Größte Brechung im Glase nach Keplern.

Eben dieser aufmerksame Naturforscher bemerkete auch, daß, wenn das Licht aus einem dichtern Körper in einen dünnern übergeht, der gebrochene Strahl immer mehr, je größer der Einfallswinkel ist, von dem Perpendickel sich ablenket, bis daß er endlich mit der brechenden Fläche parallel wird; welches nach seiner Beobachtung im Glase sich bey einem Einfallswinkel von etwa 42 Gr. ereignet, worauf, wenn der Einfallswinkel noch größer ist, der Strahl eben so innerhalb des Glases zurückgeworfen wird, wie er von der Oberfläche eines dichtern Körpers in einem dünnern Mittel zurückprellet [b]).

Bemühungen um die astronomische Strahlenbrechung.

Zu Keplers Zeiten, das ist, um 1600, ward auch die Frage von der Strahlenbrechung in dem Dunstkreise wieder vorgenommen und untersuchet, hauptsächlich von

w) Smith's Opticks, vol. I. p. 42. d. d. Dioptr. axiom. 7. 8. K.) A. S. 38. 39.)

a) Montucla vol. 2. pag. 175. (Kepl. ax. 9.)

b) Montucla vol. 2. p. 176. (Kepl. l. c.

vom Bernhard Walther [c], Möſtlin, und andern, beſonders aber vom Tycho Brahe, der wegen Wichtigkeit dieſer Sache in der Aſtronomie, nicht eher ruhete, als bis er mit unglaublicher Sorgfalt, ſowohl in Verfertigung der Werkzeuge, als bey den damit gemachten Beobachtungen, die Größe der Strahlenbrechung in unterſchiedlichen Höhen einigermaaßen zuverläßig herausbrachte. Er glaubte, das Sonnenlicht werde in einer Höhe von 43 Gr. nicht mehr merklich gebrochen, ſo wie das Mondenlicht in einer Höhe von 45 Gr. und das Sternenlicht bey 20 Gr. Höhe. Die Brechungen nahm er alle zu klein an, ausgenommen die Horizontale, welche er zu groß anſetzete, nämlich zu 34 M. für die Sonne, zu 33 M. für den Mond, und zu 30 M. für die Sterne; wogegen de la Hire und Caſſini ſie zu 32 M. für alle Himmelskörper mit einander annehmen [d]. Caſſini war der erſte, der die Wirkung der Strahlenbrechung ſich bis zum Zenith hin erſtrecken ließ, wie man aus des de la Hire aſtronomiſchen Tafeln erſieht, worinne die Strahlenbrechung für die Höhe von 89 G. eine Secunde beträgt. Jetzt haben die Aſtronomen Brechungstafeln für jeden Grad der Höhe berechnet [e]).

Tycho ſo wenig, als einer ſeiner Zeitgenoſſen, hatte einen richtigen Begriff von der Strahlenbrechung. Kepler auch nicht, ungeachtet er ſoviel darüber geſchrieben hat. Tycho glaubte mit Alhazen und Vitellio, daß die Strahlenbrechung durch den Unterſchied der Luft und des Aethers darüber, wie auch durch die dicken Dünſte zunächſt an der Oberfläche der Erde, verurſachet werde. Rothman, ein Mathematiker in Dienſten des Landgrafen von Heſſen, wollte keinen Unterſchied zwiſchen der Luft und dem Aether zugeben; behauptete auch, daß bloß nahe am Horizonte eine Brechung ſtatt finde. Beyde führeten einen weitläuftigen Streit darüber, der uns aber nunmehr zu wenig wichtig iſt. Kepler beſchließt ſeine Erzählung des Streites damit, daß er beyde Partheyen tadelt, daß ſie nicht die wahren Maaßen der Brechung zu Hülfe genommen hätten. So würden ſie, ſaget er, geſehen haben, daß das Mittel, worinn die Strahlen der Himmelskörper gebrochen werden, nicht etwas iſt, das, wie Tycho glaubete, ſich allmählig in den Aether verliert, und bis an den Mond ſich erſtrecket; ſondern eben die Luft, in welcher wir athmen, deren Oberfläche einem über ihr erhabenen Auge eben ſo deutlich erſcheinen würde, wie uns die Oberfläche, wo die Luft ans Waſſer gränzet [f]). Seine Meynung war alſo

c) Walther hat etwa hundert Jahre vor Keplern gelebt. Er ſtarb 1504. Er bemerkte, daß ein Geſtirn, das wirklich unter dem Horizonte iſt, darüber erſcheinen könnte. Kepl. Paral. p. 151.

d) Dictionnaire encyclopédique, art. Refraction. (Kepler bemerket, daß die Verſchiedenheit der Entfernung keinen Einfluß auf die Strahlenbrechung habe. Obgleich Tycho die Brechung des Mondenlichtes anfangs für größer als des Sonnenlichtes, wegen der geringern Entfernung gehalten habe, ſo habe er doch nachher gefunden, daß ſie beydemal einerley ſey. Paral. ad Vitell. p. 112. K.)

e) Saverien vol. 2 p. 372. (Die von Caſſini und de la Caille findet man in der Expoſition du calcul aſtron par de la Lande p. 251. die vom Bradley in der Connoiſſ. des mouv. cel. 1765. p. 141. K.)

f) Paralipomena, p. 77.

das Licht werde mit einem male, an der Oberfläche des Dunstkreises, den er für gleichförmig dicht hielt, gebrochen. Er wollte auch aus der beobachteten Größe der Brechung die Höhe der Luft berechnen, welche er nur ein weniges höher als die höchsten Berge fand [g]). Die wahre Beschaffenheit der Atmosphäre ward aus den Torricellischen Versuchen bekannt, und gab richtigere Begriffe von der Beschaffenheit der Brechung, welche das Licht der Himmelskörper darinne leidet [h]).

Röthlichtes Licht des verfinsterten Mondes.

Vielleicht hat Kepler dem Dunstkreise, den er für gleichförmig dichte hielt, auch eine unveränderliche Höhe zugeschrieben. Daß sie veränderlich sey, hat Gilberten zufolge ein gewisser Bruce, den er einen gelehrten Mann nennt, bemerket, und geglaubet, daß die Dauer der Dämmerung davon abhänge [i]).

Das röthliche Licht des Mondes bey Totalfinsternissen entsteht, nach Keplern, von den Sonnenstrahlen, die durch die Brechung in unserm Dunstkreise in den Erdschatten fallen. Vor seiner Zeit hatte man es als ein dem Monde Eigenthümliches angesehen, welches nur im Schatten sichtbar werden könne, wiewohl schon Plutarch, der diese Meynung anführet, sie bestreitet [k]). Kepler giebt auch eine Methode an, die Größe der Strahlenbrechung in dem Dunstkreise aus Beobachtung der Mondfinsternisse herzuleiten, unter der Voraussetzung, daß der Erdschatten bloß in einem Theile durch das gebrochene Licht erleuchtet werde [l]).

Kepler erklärt die Wirkung der Augengläser.

* Kepler gab zuerst die wahre Ursache an, warum solche, die in der Ferne gut, aber in der Nähe undeutlich sehen, sich durch Convexgläser, hingegen die, welche in der Ferne undeutlich, in der Nähe aber deutlich sehen, sich durch Concavgläser helfen. Er gesteht, daß er drey Jahre dieser Frage nachgedacht habe. Zuerst habe er geglaubet, daß die Convexgläser das Sehen deutlich machten, weil sie vergrößern. Die wahre Ursache aber sey, daß die Convexgläser den Weitsichtigen den Strahlenkegel von einem zu nahen Punkte so verändern, als wenn er zu einem entfernten Punkte gehörte. Ohne das Convexglas werde der Strahlenkegel von einem zu nahen Punkte erst hinter der Netzhaut in eine Spitze zusammen laufen. Die Strahlenkegel von verschiedenen Punkten bekämen also eine gewisse Breite auf der Netzhaut, und vermischten sich mit einander. Diejenigen hingegen, welche nur nahe Punkte deutlich sehen, saget er, verändern durch ein Hohlglas den Strahlenkegel von einem entfernten Punkte so, als wenn er von einem nahen herkäme. Ohne Glas würde bey diesen Personen der Strahlenkegel von einem entfernten Punkte in dem Auge schon vor der Netzhaut in eine Spitze sich endigen, und hernach sich wieder ausbreiten, daß er mit einiger Breite auf die Netzhaut fällt, und die Strahlenkegel verschiedener Punkte sich mit einander vermischen [m]).

Daß

g) Ohngefähr eine halbe deutsche Meile, saget er, Paral. p. 129. K.)

h) Smith's Opticks, remarks, p. 59. (der d. A. S. 421.)

i) Physiologia, p. 212.

k) Paralip. p. 273.

l) Ibid. p. 278.

m) Paral. p. 200. Ich habe mich in diesem Absatze genau an Keplers Vortrag gehalten, da Priestley mehr den Montucla und Smith vor Augen gehabt zu haben scheint. Der erstere saget, vol. 2. p. 158. daß Kepler durch die Aufschlüsse, welche Porta und Maurolycus von der Theorie des

Sehens

Nicht so gut, warum man die Gegenstände nicht umgekehrt sieht.

Daß man die Sachen aufrecht sieht, ungeachtet die Bilder verkehrt sind, schreibt Kepler der Seele zu, welche den Eindruck auf einem untern Theile der Netzhaut sich so vorstellen soll, als wenn er von den Strahlen eines höhern Punktes der Sache entstünde n). Diese Erklärung ist schwerlich genugthuend. Es ist wohl hinlänglich, wenn man bemerket, daß oben und unten nur beziehende Begriffe sind; und daß, da alle Gegenstände auf eine ähnliche Art auf der Netzhaut abgebildet werden (nämlich was oben liegt, zu öberst, was unten liegt, nach unten hin), man bloß durch Gewohnheit, vermittelst vielfältig wiederholter Erfahrungen, und die Vergesellschaftung der Begriffe, das obere und untere einer Sache entscheiden lernt; wodurch man die Augen jedesmal gehörig zu richten und die Hände auszustrecken weis o). Ist dies die wahre Auflösung der Frage, so folget, wenn die Bilder auf eine andere Art entworfen würden, z. E. aufrecht, wie die Gegenstände selbst, daß wir demohngeachtet nicht anders als jetzt uns verhalten würden, ohne diesen Unterschied zu merken. Es entstünde alsdenn bloß eine andere Vergesellschaftung der Begriffe. Auf welche Art aber die Seele die Bilder auf der Netzhaut empfinde, dieses nimmt Kepler sich nicht heraus zu erklären, und tadelt den Vitellio sehr, daß er sich so übereilter Weise an eine Frage von dieser Art mache, die eigentlich gar nicht zur Optik gehöre p).

Wie das Auge sich nach den Entfernungen einrichte,

Die Ursache, warum man Sachen in unterschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen im Stande ist, wobey das Auge vermögend seyn muß, Strahlen, die verschiedentlich gegen einander geneigt sind, auf einen Punkt der Netzhaut zu vereinigen, suchet Kepler in dem Zusammenziehen der Processus Ciliares, wodurch das Auge nach der Länge erweitert, und die Netzhaut von der Linse weggerücket wird, wenn man sehr nahe Gegenstände betrachtet q). Wenn aber gleich de la Hire ohne Grund, wie in der Folge erhellen wird, behauptet hat, daß das Auge keine Veränderung leide, es mag nahe oder entfernte Sachen betrachten, so irrte doch Kepler auch in seinen Gedanken von der Wirkung dieses Ligamentes, als welches bloß die Lage der Krystalllinse innerhalb des Auges ändern kann. Nach Keplern ferner kann man von der Entfernung eines Gegenstandes mit einem Auge nur alsdenn ur-

und sie schätzen lerne.

 theilen,

Sehens gegeben, das Geheimniß davon entdecket habe. Kepler aber erwähnet des Maurolycus, wie auch Priestley bemerket, niemals. Er saget ausdrücklich, des Porta optische Schrift habe er nie zu Gesichte bekommen können. Die ältern Optiker konnten hierüber unmöglich etwas erträgliches sagen. Sie ließen von jedem Punkte nur einen Strahl ins Auge kommen. Vom M. habe ich dies schon bemerket. Porta machet es nicht besser. Will man ein Zeugniß aus diesem Zeitalter haben, so kann ich es aus einem Briefe Brenggers an Keplern (beym Hansch, p. 244.) geben, der sich gegen Keplern darauf berufet, daß kein Optiker bisher gelehret habe, daß von einem einzelnen Punkte einer sichtbaren Sache zwey oder mehr Strahlen ins Auge kämen und empfunden würden. S. auch das. pag. 226. Kepler widerleget ihn sehr gut. p. 253. K.

n) Smith's Opticks, rem. p. 4. d. d. A. S. 366. (Kepler saget, der leidende Theil müsse dem wirkenden gerade gegen über liegen. Dies treffe bey dem umgekehrten Bilde zu, aber nicht bey einem aufrechten. K.)

o) Man lernt in der Kindheit, durchs Gefühl seine Augen brauchen. K.)

p) Paralip. p. 169.

q) Dioptr. prop. 64 K.

theilen, wenn die Breite des Sternes im Auge gegen sie ein merkliches Verhältniß hat [r]).

Verminderung der scheinbaren Größe des Mondes.

Tycho Brahe, der auf astronomische Wahrnehmungen immer aufmerksam war, ist der erste, der eine scheinbare Verminderung des Durchmessers des Mondes bey Sonnenfinsternissen beobachtete. Die Ursache davon schrieb er einer wirklichen Verkleinerung des Mondrandes durch die Sonnenstrahlen zu [s]). Aber Kepler bemerket, daß die Mondsscheibe deswegen nicht kleiner aussieht, weil sie unerleuchtet ist, sondern daß sie vielmehr zu andern Zeiten darum größer scheint, weil sie erleuchtet ist. Denn die Strahlenkegel von einer so entfernten Sache haben ihre Vereinigungspunkte mehrentheils dißeits der Netzhaut, und breiten sich folglich wieder aus, wenn sie dieselbe erreichen, daß also das Bild des Ganzen, welches aus lauter kleinen Kreisen, anstatt einzelner Punkte, besteht, nothwendig größer ist, als es eigentlich seyn sollte. Darum, fährt er fort, werden verschiedene Personen die Größe der Mondscheibe verschiedentlich angeben, nachdem ihre Augen beschaffen sind. Er führet an, daß unter 22 Beobachtungen des Mondes, am 22 Febr. 1591. zwey den Durchmesser zu 31 M. sechs zu 32 M. sieben zu 33 M. sechs zu 34 M. und eine zu 36 M. angegeben haben [t]). Eben deswegen, saget er, werden solche, die in der Ferne undeutlich sehen, anstatt einer Phasis des Mondes, eine Menge von Phasen, wie ein Hahnenkamm gestaltet, erblicken. Diese werden auch die Gesichtszüge ihrer Bekannten in der Ferne nicht so gut erkennen, wenn sie weiße Halstücher an haben, als wenn sie dergleichen nicht tragen [u]). Doch bedachte er nicht, daß aus eben dem Grunde, deswegen die erleuchtete Mondsscheibe größer als die dunkle erscheint, auch der Theil der Sonne, der bey Sonnenfinsternissen an den Mondsrand gränzt, größer erscheinen, und in die dunkle Mondsscheibe hineintreten muß. Vollständig wird man dies in der letzten Periode dieser Geschichte vom Dr. Jurin erkläret finden.

Beobachtung der Finsternisse durch Projectionen.

Reinhold, Möstlin und **Gemma**, die Zeitgenossen Keplers und Tychos, lehreten, wie man Sonnen- und Mondfinsternisse, vermittelst ihrer Projectionen, in einem verfinsterten Zimmer beobachten könne [v]).

Kepler von dem Orte der Bilder.

Kepler entdeckte auch zuerst die wahre Beschaffenheit, welche es mit dem Orte der Bilder hat, die durch Brechung oder Zurückstrahlung gemachet werden; daß es

r) Robins's Tracts. vol. 2. p. 277. (Kepler saget Paral. p. 62. die Entfernung der beyden Augen sey die Grundlinie, deren man sich zur Messung solcher Entfernungen, die gegen jene nicht zu groß sind, bediene. Paral. p. 62. Weil ein Auge von beyden Augen diese Art zu messen lerne, so könne auch, bey verhältnißmäßig kleinern Entfernungen, die Breite des Sternes im Auge zur Grundlinie dienen. l. c. p. 63. coll. pag. 312. und noch besser p. 65. 66. wo er bemerkt, daß man auch mit einem Auge, die verschiedenen Grade des Lichtes zu schätzen, und die Größe des Bildes mit der Entfernung der Sache durch die Uebung zu vergleichen wisse, indem man durch die Erfahrung lerne, wie weit man die Hand darnach ausstrecken und dahin zu gehen habe. K.

s) Paralipomena, p. 285.

t) Ibid. p. 218.

u) Ibid.

v) Ibid. p. 39.

es nämlich dabey auf die Lage der Strahlen gegen einander, nach der Zurückwerfung und Brechung ankömmt. Bey ebenen Spiegeln wird die Lage der Strahlen gegen einander durch die Zurückwerfung nicht verändert, aber wohl bey Concav- und Convexspiegeln und bey dem Uebergange in ein anderes Mittel w). Er zeigte auch die Unmöglichkeit in einer großen Entfernung durch Brennspiegel oder Brenngläser zu zünden, weswegen ich mich oben auf den Dechales berufen habe x).

Geschwindigkeit des Lichtes.

Ich muß nicht vergessen, daß Galileus, der in allen Theilen der Naturkunde so viel neues bemerket hat, auch zuerst darauf gefallen ist, die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen, wovon er die Anstalten in seiner Mechanik S. 39. beschreibt. Er stellete zwey Leute in gewisser Entfernung von einander, jeden mit einem Lichte. In dem Augenblicke, da der eine sein Licht, das er bis dahin verborgen gehalten hatte, aufdeckte, mußte der andere von seiner Seite ein gleiches thun. Mit der Messung der Geschwindigkeit des Schalles hätte man auf eine solche Art wohl verfahren können; aber, daß das Licht den Schall so sehr an Geschwindigkeit übertreffe, wie man in der Folge gefunden, dachte man damals nicht. Galileus ließ seine Leute sich üben, ihre Lichter augenblicklich zu oder aufzudecken. Er hatte den Versuch damals nur in der Entfernung von einer Meile gemachet; war aber willens, ihn in größern Weiten, mit Hülfe eines Fernrohrs, zu wiederhohlen. Man findet aber nicht, daß er es gethan habe. Die Mitglieder der Academie del Cimento, welche den Versuch erneuerten, richteten auch nichts aus.

Die Geschwindigkeit des Lichts zu messen, war in der That eine hohe Aufgabe. Aber keine Entfernung auf der Erde ist hinlänglich groß dazu. Damals fiel man noch nicht darauf, die Zeit, welche das Licht auf seinem Wege von einem Planeten zum andern brauchet, zu messen: ein glücklicher Gedanke, den Römer zuerst hatte, wie unten erzählet werden wird. Inzwischen ist es nicht unangenehm, die ersten unvollkommenen Versuche zur Auflösung solcher großer Aufgaben kennen zu lernen.

Zusätze

w) Ibid. p. 59. (Kepler setzet den Ort des Bildes eines leuchtenden Punktes in das Perpendikel von dem Punkte auf die zurückwerfende oder brechende Fläche. Er nimmt an, daß der Ort des Bildes derjenige Punkt sey, wo die Gesichtsstrahlen von beyden Augen durch die Punkte der Zurückwerfung und Zurückstrahlung verlängert zusammen kommen. Liegen diese Strahlen in verschiedenen Ebenen, so liegt das Bild in dem Durchschnitte dieser Ebenen, und bey Kugelflächen in der geraden Linie durch den leuchtenden Punkt und das Centrum. Paral. p. 69. Wolf verfährt eben so, Catoptr. §. 151. 152. Wenn aber beyde Augen in derselben Zurückstrahlungs- oder Brechungsebene liegen, so, saget Kepler, rücket das Bild von dem Perpendikel nach dem Auge hin oder davon. Paral. p. 70. Betrachtet man nur mit einem Auge das Bild, so muß man statt der Entfernung der beyden Augen die Weite des Sternes nehmen. l. c. Kepler hat in dieser Sache, die noch jetzt ihre großen Schwierigkeiten hat, sehr gute Einsichten gezeiget, besonders dadurch, daß er einen ganz neuen Weg betreten hat. Ich bemerke noch, daß er bey Gelegenheit, wo er von dem Bilde, den ein parabolischer Convexspiegel machet, schon die Idee von dem Krümmungskreise äußert. Er nennt ihn circulum, qui contineat rationem curuitatis, quam habet sectio in puncto repercussus. K.)

x) Borellus de vero telescop. inuent. p. 14. (Es wird die Stelle der Dioptrik §. 106. seyn, wo Kepler saget, daß bey einem sehr langen Strahlenkegel die Durchschnitte sehr schwach seyn müßten. K.)

Zusätze des Uebersetzers.

Die Keplerischen Schriften verdienen, daß ich noch einige Nachrichten von ihnen, in so ferne sie die Optik betreffen, beyfüge.

Kepler fieng in dem Jahre 1602 an, sich auf die Optik zu legen. Eine große Menge Entdeckungen machete er schon nach zwey Jahren in dem Werke bekannt, das den Titel führet: Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur, etc. auctore *Ioanne Keplero.* Francofurti, 1604. 4to. pagg. 449. Das erste Kap. handelt vom Lichte, welches er sich wie einen Ausfluß von dem leuchtenden Körper nach geraden Linien allenthalben hin vorstellet. Die Frage über die Natur der Farben sey zu schwer, als daß er sie jetzt ausmachen könne. Das zweyte Kap. handelt de figuratione lucis, worinne er die Frage von dem Bilde eines leuchtenden Körpers, das durch eine Oeffnung auf eine Fläche fällt, umständlich und sehr genau abhandelt. Das dritte Kap. von der Katoptrik und dem Orte des Bildes. Das vierte von dem Gesetze der Strahlenbrechung. Hier scheint er etwas zu schwärmen, da er die Kegelschnitte zu Hülfe rufet, die Größe der Brechungen zu bestimmen. Die Ursache der Brechung sucht er in dem Widerstande des dichtern Mittels. Die Brechungswinkel, welches ihm die Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahles sind, saget er, haben einen Proportionaltheil, der von dem Einfallswinkel abhängt, und einen ungleich wachsenden Theil, der von der Secante des Winkels abhängt, welche der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe machet. So gar weit war er also nicht mehr von der Wahrheit. Er berechnet hierüber eine Tafel für die Brechung im Wasser. Darauf machet er sich an die schwere Aufgabe, die astronomische Strahlenbrechung für jeden Grad der Höhe zu finden, und untersuchet noch verschiedene andere Fragen, diese Materie betreffend. Das fünfte Kap. vom Sehen, ist im Ganzen betrachtet, vortrefflich, voll neuer richtiger Gedanken. Keplers Scharfsinn und erfinderischer Geist zeiget sich hier desto vortheilhafter, je weniger man bisher, aller Bemühungen ungeachtet, etwas erträgliches hatte herausbringen können. Die andere Hälfte des Buches ist mehr astronomisch, und enthält die Anwendung der Optik auf die Astronomie.

Die zweyte optische Schrift von Keplern führet den Titel: Dioptrice, seu demonstratio eorum, quae visui et visibilibus, propter conspicilla non ita pridem inuenta, accidunt, etc. Augustae Vindelicorum 1611. 4to. 80 S. Vorr. 28 S. Diese Schrift ist sehr nett ausgearbeitet. Zuerst zeiget er, wie man vermittelst eines gläsernen Würfels, oder einer solchen Scheibe, die Brechung messen könne; untersuchet darauf die Brechung durch Converggläser, ihren Gebrauch zur Stärkung des Gesichtes, wobey er vom Sehen selbst kurz, aber sehr gut, handelt. Hierauf kömmt er auf die Verbindung zweyer oder dreyer Convexgläser, deren Wirkung er ziemlichermaßen deutlich machet; obgleich nicht so vollkommen, wie man es in spätern Zeiten gethan hat. Weiter untersuchet er die Hohlgläser, die Fernröhre mit

mit dergleichen Augengläsern; bemerket, daß man mit zwey ähnlichen dicht an einander gestellten Convexgläsern, als einem gedoppelten Objectivglase, das Rohr fast um die Hälfte verkürzen könne. Diesen Gedanken hat Hr Euler in seiner Dioptrik sehr schön ausgeführet. Kepler zeiget auch, daß man durch ein gedoppeltes concaves Ocularglas das Rohr zwar etwas länger, aber die scheinbare Größe fast doppelt so groß mache; untersuchet auch zuerst die Wirkung der Menisken. Ueberhaupt machet dieses Buch die Epoche unserer deutlichen Erkenntniß in der Optik.

Auf die erste Nachricht von des Galileus Entdeckungen mit dem Fernrohre gab Kepler ein Schreiben an ihn heraus, darinne er ihm seine Anmerkungen über diese sowohl für die Astronomie als Optik so wichtige Begebenheit mittheilet. Dieses ist die dissertatio cum nuncio sidereo, nuper ad mortales misso a Galilaeo Galilaeo Mathem. Patau. Pragae 1710. 34 pagg. 4. Er beschreibt sein Erstaunen über die erste Nachricht von dem entdeckten Fernrohre und den vier neuen Planeten sehr lebhaft, gesteht auch, daß er dabey in Sorgen gerathen, ob sein Planetensystem, das er auf gut pythagoräisch, aus den fünf ordentlichen geometrischen Körpern, mit vieler Mühe zusammengesetzet hatte, damit noch würde bestehen können. Für dieses System äußert er noch mehrmals eine recht väterliche Sorgfalt. Was kann auch einem Philosophen wichtiger seyn, als sein System? Er glaubet, daß Porta das Fernrohr schon entdecket, aber es verheimlichet habe, weil dieser in der Magia nat. L. 17. c. 10. die Zusammensetzung und Wirkung desselben nicht undeutlich beschreibt. Also, glaubet er, möge die Erfindung des Teleskops dadurch veranlasset seyn; vielleicht sey auch nach dem Tode des Porta das Geheimniß kund geworden. Das sehe ich aus dieser Schrift, daß des Porta Beschreibung viel Aufsehens gemachet hat. Der Kaiser, saget Kepler, habe ihn oft wegen des Kunststückes befraget, dessen Porta sich rühmet; allein er habe es für unmöglich gehalten. Vielleicht ist also Jansen, der ein sinnreicher Mann gewesen seyn soll, durch die merkwürdige Stelle beym Porta, zum Nachforschen gebracht worden. Kepler meynet, daß vielleicht auch seine Zeichnung von Concav- und Convexgläsern in den Paralip. S. 202. Gelegenheit dazu könne gegeben haben. Obgleich dies mir nicht wahrscheinlich ist, so ziehe ich doch daraus die Bemerkung, daß Kepler das holländische Fernrohr für neuer als das Jahr 1604. gehalten hat.

Noch eine kleine hieher gehörige Schrift von Keplern ist die narratio de obseruatis a se quatuor Iouis satellitibus erronibus, Francof. 1611. 10 pagg. 4. Es ist eigentlich die Vorrede zu der vorhergehenden Schrift, die nochmals muß aufgeleget seyn. Kepler hat die erste Beobachtung der Trabanten den 30sten August 1610. gemachet.

Zur Geschichte der Astronomie und Optik ist Keplers Briefwechsel sehr merkwürdig. Michael Gottlieb Hansch hat ihn im J. 1718 herausgegeben *). Er hatte

*) Epistolae ad Io. Kepplerum scriptae, insertis ad easdem responsionibus Kepplerianis, quotquot hactenus reperiri potuerunt. fol. 704. pagg. ohne die umständliche Lebensbeschreibung Keplers.

hatte sich vorgenommen, alle noch ungedruckte Schriften von Keplern herauszugeben. Das widrige Schicksal des Verfassers verfolgte aber noch seine Manuscripte. Hansch versetzte sie, und erst kürzlich sind sie auf Kosten der großmüthigen Monarchinn Rußlands eingelöset worden. Aus den Briefen will ich einiges auszeichnen. Brengger, ein Arzt und Mathematikverständiger, machet Zweifel gegen den damals überall, auch von Keplern angenommenen Satz, daß das Bild eines leuchtenden Punktes, in dem Durchschnitte des zurückgeworfenen Strahles mit der senkrechten Linie von dem Punkte auf den Spiegel, sey. Sein Einwurf ist nicht übel. Wenn man einen Stock senkrecht auf einen Hohlspiegel hält, so sieht ein Auge neben dem Mittelpunkte auch diejenigen Theile des Stockes hinter dem Spiegel liegen, deren Bild, jenem Satze zufolge, hinter das Auge fällt. Er behauptet, das Bild falle in das Perpendikel von dem leuchtenden Punkte auf die Ebene, welche die zurückwerfende Ebene in dem Zurückstrahlungspunkte berührt. Dieser Gedanke läßt sich vielleicht bisweilen brauchen. Auch giebt d'Alembert dieser Bestimmung vor der alten gewöhnlichen den Vorzug (Opuscules mathém. T. I. p. 275.) Kepler bemerket dagegen sehr gut, daß es bey der Bestimmung des Ortes des Bildes nicht auf eine einzige Zurückwerfung, sondern auf mehrere ankomme. Wunderbar scheint es mir, daß Kepler in diesem Briefe S. 231. zu behaupten scheint: der Brennpunkt eines Kugelspiegels sey im Mittelpunkte desselben. Brengger antwortet ihm, in dem Mittelpunkte eines Kugelspiegels hätte er seinen Finger wohl halten können, da er ihn aus dem Punkte, der um den vierten Theil des Durchmessers vom Spiegel entfernet war, geschwinde hätte wegziehen müssen. Aber K. antwortet, S. 254. der Spiegel müsse parabolisch gewesen seyn. Vielleicht ist hier ein Misverstand in den Erklärungen. Dies wird aus dem, was noch ferner S. 267. vorkömmt, sehr wahrscheinlich. Dagegen will ich wieder zur Ehre Keplers bemerken, daß er schon die Idee von den Brennlinien gehabt zu haben scheint. Er redet in diesen Briefen einigemal von gewissen Linien, die er metatrices nennt, und wovon er saget, daß sie Theile der zurückgeworfenen Strahlen sind. Dieses schicket sich sehr wohl zu dem, was er von dem Orte des Bildes, wenn er außer dem Perpendikel ist, in den Paral. S. 70. saget.

Harriot schicket Keplern eine Tabelle über die Brechungen in verschiedenen Mitteln, wobey er zugleich auf die verschiedenen Dichtigkeiten der Körper Acht giebt, und bemerket, daß die Brechung sich nicht nach der Dichtigkeit richte. Die Brechung, saget er, sey vermuthlich nichts als eine Zurückwerfung innerhalb des durchsichtigen Mittels. Von den Farben des Regenbogens saget er mit wenigen Worten, die Ursache sey in den einzelnen Tropfen durch die Reflexion auf der hohlen Seite, und die Brechung auf der erhabenen, zu suchen. Er schreibt dies im J. 1606. ist also, ehe noch de Dominis seine Erklärung bekannt gemachet hat, auf die richtige Erklärung gefallen. Kepler hatte in seinem Briefe, warum er Harrioten um die Ursache der Farben bey der Strahlenbrechung befraget, denselben Gedanken geäußert. Nur glaubet er, daß die beyden Strahlen von der Sonne und dem Auge an den Tropfen denselben berühren, weil er bloß in dieser Lage die Farben

für

für möglich hält. Er bemerket auch, daß der Strahl nach einer zweymaligen Zurückwerfung im Tropfen erst aus demselben kommen könnte, irret aber hierbey darinne, daß er daraus einen innern Regenbogen entstehen lassen will. In einem andern Briefe führet Harriot, als eine ihm eigene Wahrnehmung an, daß das Gold, ungeachtet es der dichteste Körper ist, in dünne Blättchen geschlagen, durchsichtig werde, so daß man eine Lichtflamme dadurch erkennen könne, die aber eine grünlichte Farbe bekomme. Die Durchsichtigkeit leitet er bloß aus dem leeren Raume her. Kepler fraget ihn hingegen, warum einige undurchsichtige Körper, wenn sie in Oel getränket sind, durchsichtig werden.

Außer diesem, was ich angeführet habe, kömmt noch einiges optisches in den Briefen an Galileus, an einen Ungenannten, S. 496. und an Remus vor.

Keplers Lebensumstände sind bekannt genug. Er, einer der größten Geister, die Deutschland hervorgebracht hat, mußte von Jugend auf mit Mangel und Widerwärtigkeit kämpfen, daß es nicht zu begreifen ist, wie er in solchen Umständen Freyheit und Heiterkeit des Geistes zu so mancherley Entdeckungen und Arbeiten hat behalten können. Sein äußerst lebhaftes Temperament, das sich in seinen Schriften und Briefen immer äußert, mußte ihn stärken. Kepler ist 1571. d. 27. Dec. gebohren, und 1630. d. 15 Novemb. gestorben.

Fünfter Abschnitt.

Geschichte der Perspectiv.

Die Perspectiv gehöret zwar mehr der Geometrie als der Optik zu, und ist nicht sowohl eine **Wissenschaft**, als vielmehr eine **Kunst**. Weil sie aber doch auf optischen Grundsätzen beruhet, und den Endzweck hat, das Auge durch eine richtige Vorstellung natürlicher Dinge zu vergnügen, so würde ich zu tadeln seyn, wenn ich hier nicht eine kurze Geschichte ihres Ursprunges und Fortganges mittheilete [a]).

Ob die Perspectiv den Alten bereits bekannt gewesen, daran kann man so ziemlich zweifeln. Hr. **Leßing** in seinem Laokoon und nachher in seinen antiquarischen Briefen vermeynet es aus mehrern Gründen, und Herr **Lippert** in seiner Dacktyliothek findet in allem, was in den Zeichnungen der Alten perspectivisch heissen soll, sehr wenig perspectivisches. **Klotz** suchte zwar das Gegentheil zu behaupten,

a) Dr Priestley hat diese Geschichte auf weniger als zwey Seiten abgethan. In dem übrigen dieses Abschnittes beschäfftiget er sich mit der Erklärung der Vorschriften, wie man die Netzen zu den optischen Anamorphosen machen muß. Da man diese fast in jeder Optik findet, so will ich sie weglassen, und dafür das wichtigste aus der schönen Geschichte der Perspectiv, die Hr **Lambert** in dem zweyten Theile seiner freyen Perspectiv gegeben hat, einrücken. **K.**

pten, räumet aber indessen selbst ein, daß die Alten nur eine Art von Militairperspectiv gebraucht haben [b]).

Beym Vitruv, in der Vorrede zum 7 Buche findet sich eine merkwürdige Stelle den Ursprung der Perspectiv betreffend. Da sie nicht ohne Schwierigkeiten ist, so muß sie wohl im Original angeführet werden, wo sie so lautet: Namque primum Agatharchus Athenis, Aeschylo docente tragoediam scenam fecit, et de ea Commentarium reliquit. Ex eo moniti Democritus et Anaxagoras de eadem re scripserunt, quemadmodum oporteat ad aciem oculorum, radiorumque extensionem, certo loco centro constituto, ad lineas ratione naturali respondere: vti de incerta re certae imagines aedificiorum in scenarum picturis redderent speciem, et quae in directis planisque frontibus sint figuratae, alia abscedentia alia prominentia videantur. Der Anfang dieser Stelle ist bloß historisch und leicht. Agatharchus hat, auf Anrathen des Aeschylus, statt der Gebüsche und Hütten, die man in den ältesten Zeiten zur Auszierung der Schaubühnen brauchete, Vorstellungen von Gebäuden gemalet. Die Schwierigkeit fängt bey dem quemadmodum an, und geht von da bis zu Ende. Denn, wenn sich gleich die Stelle von perspectivischen Zeichnungen auslegen läßt, so kömmt es auch darauf an, den Vitruv nicht mehr sagen zu lassen, als er gewollt oder gekonnt hat. In dem 2 Kap. des 1 Buches findet man eine Stelle, die einiges Licht geben kann. Er erkläret daselbst die verschiedenen Arten von Baurissen, und darunter die Scenographie, welche wohl nichts als eine Art perspectivischen Aufrisses seyn kann. Er saget: Scenographia est frontis et laterum abscedentium adumbratio ad circinique centrum omnium linearum responsus. In beyden Stellen, dieser und der obigen, möchte wohl von einerley Art von Linien und Mittelpunkten die Rede seyn. Denn ist das centrum der Augenpunkt, gegen welchen allerdings lineae laterum abscedentium hinlaufen müssen, wenn sie als sich in die Ferne ziehend erscheinen sollen. Dieses erfordert freylich eine genauere Theorie von der Richtung der Lichtstrahlen, und da Anaxagoras hierüber geschrieben, so scheinen er und die folgenden Theatermaler der Griechen nicht so ganz ohne theoretische Kenntniß der Perspectiv gemalet zu haben.

Weit kann es aber Agatharchus in der Optik nicht gebracht haben. Denn er lebete zu einer Zeit, da Thales das gleichschenklichte Dreyeck, und Pythagoras den nach ihm genannten Satz erfand. Die wahre methodische Farbengebung wird erst dem Apollodorus, und noch mehr dessen Schüler, Zeuxis, zugeschrieben.

Euklides lebte ungefähr 200 Jahr später. Er mag der Verfasser der ihm zugeschriebenen optischen Schriften seyn oder nicht, so sieht man doch, daß man es einige Jahrhunderte nach dem Agatharchus noch nicht weit in der Optik gebracht hat.

Euklidens

b) Von dem, in der praktischen Mathematik der Alten so bewanderten Hrn. Prof. Meister zu Göttingen, hat man in dem nächsten Theile der Commentarien der dortigen Ges. der Wiss. eine umständliche Untersuchung über diese Materie zu erwarten. K.

Euklidens Optik enthält gerade solche Sätze, die so wie sind, als Sätze der Perspectiv können angesehen werden. Er giebt die Sätze, worauf sie sich unmittelbar gründet, an, wenn gleich zum Gebrauche der Malerey noch nähere Bestimmungen zugefüget werden müssen. Denn eine perspectivische Geometrie ist es noch lange nicht.

Die Perspectiv scheint von den Alten nur zu Verzierungen der Schaubühnen, und bey Zeichnungen von Gebäuden, gebrauchet zu seyn. In historischen Gemälden wurden die Personen neben einander gestellet, und wenn einige hinter den andern zu stehen kamen, wurden sie etwas höher gezeichnet, ohne daß sie deswegen entfernter schienen.

Wenn nun auch gleich die Alten etwas von der Perspectiv sollten gewußt haben, so ist doch nichts davon zu uns gekommen; so daß diese Wissenschaft in den neuern Zeiten ganz von neuem mußte erfunden werden. Doch ist Ptolemäus nicht zu vergessen, dem man die stereographische Entwerfung der Kugelfläche zu danken hat, die im eigentlichsten Verstande perspectivisch ist. Er bewies dabey den Satz, daß wenn das Auge in einem Punkte der Kugelfläche ist, alle, nicht durch das Auge gehende, Kreise der Kugel, wenn sie auf eine, den gegen das Auge gehenden Durchmesser, senkrecht schneidende Ebene entworfen werden, darauf ebenfalls Kreise sind.

Aelteste Geschichte der Perspectiv.

Mit der Malerkunst lebete zugleich die Perspectiv wieder auf. Montucla und Saverien führen aus dem Ignatio Dante einen gewissen Pietro del Borgo san Stephano an, welcher den Anfang gemachet haben soll. Sein Werck ist ungedruckt geblieben. Balthasar Peruzzi, der 1536 gestorben, soll es genutzet haben. Vom Ignazio Dante wird im Iselinschen Lexicon ein commentario alle regole della perspettiva di Iac. Barozzi angemerket. Dante starb 1586. Nach Montucla soll Pietro del Borgo ein wenig älter als Albrecht Dürer seyn, der 1528 gestorben. Dieses ist alles noch zu neu. Der erste, der an die wahre Verfeinerung der Malerkunst und an die Perspectiv gedacht hat, scheint Lionardo da Vinci gewesen zu seyn, dessen weder Montucla noch Saverien erwähnen. Man hat von ihm ein Werk über die Malerey, welches lange nach seinem Tode herausgekommen, worinn er sich oft auf seinen Tractat von der Perspectiv beziehet, der aber nicht gedruckt worden ist. Er lebete von 1445 bis 1520. In dem gedachten Werke machet er aus der Erfahrung die Beobachtung, daß wenn von zwey gleich großen Gegenständen der eine von dem andern soweit entfernet ist, wie dieser wieder vom Auge, jener um die Hälfte kleiner als der erste vorgestellet werden müsse. Ist ein dritter gleichweit von dem zweyten entfernet, so müsse er um $\frac{2}{3}$ kleiner gemacht werden, u. s. w. Diese Wahrnehmung ist ohne Zweifel älter als das, was vorher vom Pietro del Borgo erwähnet worden ist.

Albrecht Dürers Werk, Unterweisung der Messung mit dem Zirkel und Richtscheit, kam zuerst 1525. zum zweytenmale 1538. nach seinem Tode, so wie er es noch selbst vermehrt hatte, heraus. Die Theorie hat er nur durch das Beyspiel von einem, mittelst des vorgelegten Grund- und Standrisses, perspecti-

visch gezeichneten Würfel erläutert, und zugleich die Entwerfung des Schattens gelehret. Er zeigete auch, wie man sich besonders verfertigter Maschinen zum Nachzeichnen der natürlichen Gegenstände bedienen könne. Lionardo da Vinci hatte schon gläserne Tafeln gebrauchet. Dürer nimmt statt derselben einen durch Fäden in kleine Vierecke getheilten Rahmen.

Im J. 1530. kam unter ganz ähnlichem Titel zu Simmern und nachgehends 1546. zu Frankfurt ein ausführliches Werk von der Perspectiv heraus. Der Verfasser hat sich nicht genannt. Er hat eine deutlichere Anleitung, als Dürers seine, geben wollen; allein ob er gleich ausführlichere Beyspiele giebt, so trifft man doch weder Dürers Methode noch geometrische Genauigkeit bey ihm an. Er weis sich in ganz leichten Fällen nicht zu helfen, und nimmt oft drey oder vier verschiedene Augenpunkte an.

Was nach Dürern in der Perspectiv geschehen ist, kömmt schlechterdings auf die Abkürzung der Arbeit, auf Erfindung hierzu dienlicher Instrumente, auf geschmeidige Regeln und allgemeine Gesetze der perspectivischen Aufrisse an. Wie jedes nach dem andern erfunden sey, läßt sich wegen der Menge der perspectivischen Schriften nicht genau angeben, wenn man sie nicht alle vor sich hat. Pietro del Borgo, Jacob Barozzi, Ignazio Dante, Daniel Barbaro, scheinen nach dem, was Montúcla von ihnen saget, nicht weiter als Albrecht Dürer gekommen zu seyn.

Die Erfindung des Distanzpunktes und seines Gebrauches bey Eintheilung der in den Augenpunkt laufenden Linien wird vom Saverien und Montúcla dem Balthasar Peruzzi zugeschrieben. Montúcla saget, Ignazio Dante habe in seinem Commentar die Beweise davon gegeben. Man findets auch in einer 1611. zu Rom herausgekommenen Auflage: Le due regole della prospettiva prattica di M. Iacomo Barozzi da Vignola, con i Commentari del R. P. M. Egnazio Dante dell ordine de' Predicatori, Matematico dello studio di Bologna.

Guido Ubaldi gieng weiter, indem er genau erwies, daß jede mit der Tafel nicht gleichlaufende Parallellinien in dem perspectivischen Aufrisse in einem Punkte des Horizontes zusammen laufen. Sein Werk kam 1600. heraus, unter dem Titel: Guidi Ubaldi e Marchionibus Montis Perspectiuae Libri VI. Pisauri apud Hieronymum Concordiam. Es ist ganz geometrisch, ohne die Anwendung zu berühren.

Aus dem 16ten Jahrhunderte hat man noch die zu Nürnberg, 1571. herausgekommene Perspectiv von Lenker. Dieser bemühet sich alle nicht zur Zeichnung selbst gehörige Linien wegzulassen. Dazu bedienet er sich einiger Zirkel, Winkelhacken und Faden. Die Arbeit selbst wird dem ungeachtet nicht kürzer.

Dante erzählet in der Vorrede seines Commentars, folgendes von der Geschichte der Perspectiv aus dem 16. Jahrhunderte. Pietro della Francesca dal Borgo san Sepolcro sey der erste gewesen, der nach einer guten Lehrart und

Ordnung

Ordnung davon geschrieben. Man habe von ihm eine Handschrift in drey Büchern mit trefflichen Zeichnungen, wovon Daniel Barbaro einen großen Theil in seine Perspectiv übergetragen habe. Die gemeinen Regeln dieser Kunst habe Sebastian Serlio, so wie er sie vom Balthasar von Siena erlernet, ebenfalls beschrieben, welche die beyden Franzosen Jac. Andr. du Cerceau und Joh. Cousin hernach weitläuftiger vorgetragen haben. Pietro Catanno sey im Vortrage dem Pietro dal Borgo gefolget. Kürzer seyn die gemeinen Regeln beschrieben von Leonbattista Alberti, Lionardo da Vinci, Albert Dürer, Giovanchino Fortio, Joh. Lenker, Wenceslaus Jannizer, einem Nürnberger, welcher die regulairen Körper und andere zusammengesetzte, so wie es Pietro dal Borgo gethan, perspectivisch aufgerissen, ungeachtet sie nachgehends F. Luca unter seinem Namen herausgegeben. Man habe noch ein Buch von der Perspectiv betitelt *Viator,* (dies ist der Name des Verfassers) welches mehr Figuren als Worte enthalte. Auch beweise Commandino geometrisch, wie eine Sache, in allen Fällen perspectivisch gezeichnet, aussehe.

Dante urtheilet nachher, daß von allen diesen Schriften keine so vorzügliche Regeln enthalte, als die zwey von ihm vorgetragenen. Die erste ist, daß alle parallele Linien in der perspectivischen Zeichnung in irgend einem Punkte des Horizontes zusammen laufen; die andere betrifft den Gebrauch der Distanzpunkte. Bey dem Gebrauche leget er immer den Grundriß vor.

Geschichte der Perspectiv im 17. Jahrhunderte.

Im J. 1642. kam zu Paris eine perspective pratique von einem ungenannten Jesuiten heraus, der nach Nicerons Aussage du Breuil heißt. Dieser führet in der Vorrede verschiedene Schriftsteller von der Perspectiv an, worunter außer einigen schon genannten noch sind, Georg Reich, ein Deutscher, als der älteste, im 10. Buche seiner Werke; Viator, ein Domherr zu Toul, der viel gute Zeichnungen, aber wenig Anleitung und Regeln gegeben; Sirigaty, Salomon de Caus, Marolois, Vredemen Vriesse (eigentlich Vredemann Frisius); Pietra; Acolty; de Vaulezard; Desargues; Niceron, welches aber noch lange nicht alle sind, die vor 1642. die Perspectiv abgehandelt haben. Des du Breuil Werk ist 1710. von Rembold ins Deutsche übersetzet [c]).

Der P. Niceron führt in seinem Thaumaturgus opticus T. I. [d]) einige Titel von perspectivischen Schriften an, woraus erhellen soll, daß verschiedene seiner Zeit (1646.) als neu angegebene Kunstgriffe nicht so ganz neu sind. Zu diesem Ende berufet er sich auf des Dante Commentarien, auf des *Pietro Accolti* inganno degli occhi, Florenz, 1625. auf des *Aleaume* nachgelassene 1628. gedruckte Introduction

c) Das Original ist zu Paris 1663. in 2 Quartbänden wieder aufgelegt. Rembold hat das meiste von dem ersten Theile dieses Buches unter dem Titel: vollständige Anweisung zur Perspectiv-Reißkunst, Augspurg 1710. 4. deutsch herausgegeben. Kästners Anfangsgründe, 1 Th. S. 472. K.

d) Dieses ist die lateinische Uebersetzung der Perspective curieuse eben des Verfassers, die zu Paris 1652. 4. herausgekommen ist, von welcher Montucla urtheilet, daß sie nichts als geringfügige Kleinigkeiten enthalte. K.

duction à la perspective etc. [e]); auf des *Migon* Perspettive speculative et pratique etc. Paris 1643. 4; wie auch des *de Vaulezard* abregé ou racourci de la perspective par l'imitation 1631.; und des *Desargues*, methode universelle de mettre en perspective les objets donnés réellement ou en devis, avec leurs proportions, mesures, éloignemens, sans employer aucun point qui soit hors du champ de l'ouvrage. Ungeachtet der viel versprechenden Titel einiger dieser Bücher hält Niceron doch nicht viel darauf.

Lucas Brunnen de monte St. Annae gab 1615. eine praktische Perspectiv heraus, worinn er ein dem Dürerschen ähnliches Instrument beschreibt. Vom J. 1622. hat man Institutio artis perspectiuae auct. *Henrico Hondio*. Der Text ist französisch. Die Zeichnungen sind meistens architectonisch, in welchen der Geschmack und die Auswahl an den Auszierungen besser seyn könnte.

Die Maniere universelle de Mr. *Desargues* pour pratiquer la perspective par petit pied comme le géometral, par *A. Bosse*, graveur en taille-douce kam zu Paris 1648. heraus, mit vielen und saubern Kupferstichen, die in der 1686. zu Amsterdam gedruckten holländischen Uebersetzung nicht so schön sind. Bosse machet zu viel Wesens aus dem Desargues. Er rühmet ihn als den ersten, der zur Luftperspectiv Regeln gegeben. Diese sind aber noch nicht bestimmt genug. Auch hat in Italien da Vinci schon lange vorher davon gehandelt.

Der Jesuit **Franciscus Aquilonius** handelt in dem letzten Buche seines optischen Werkes, Antwerpen 1613. die ptolemäische Entwerfung der Kugelfläche und die Gründe der Linearperspectiv ab. Es kommt darinn nichts besonders vor, so wie auch nicht in des P. Lami traité de Perspective, Paris 1701, der letztere berühret doch die Luft-Perspectiv.

Des **Andreas Pozzo** [f]) Werk, so wie Schüblers seines, hat wegen der vielen saubern architectonischen Zeichnungen für Maler und Baumeister immer viel vorzügliches.

Wolf rühmet noch den **Andr. Alberti** und besonders den 1711 herausgekommenen essai de perspective von s' Gravesande, wo der Gebrauch des Grundrisses bey perspectivischen Aufrissen auf sehr viele und meistens leichte und neue Arten gezeiget wird.

Taylor [ff]) handelt die Theorie sehr allgemein ab, weil er die Tafel gleich anfangs als schiefliegend annimmt. Ueberdieses hat er meistens neue und überflüßig viele

e) Montucla rühmet es den Künstlern an. K.

f) Das Original, A. Putei Perspectiva pictorum et architectorum ist zu Rom in 2 Bänden groß folio 1693, 1700. herausgekommen; der deutsche Nachdruck 1708, 1711, zu Augspurg lateinisch und deutsch. Der Geschmack dieses Jesuiten in der Baukunst scheint mir oft sehr fehlerhaft. K.

ff) Hr. Priestley führet in den Zusätzen zu seinem Werke folgendes aus Robins (tracts, vol. I. Appendix. p.322) über Taylorn an: Es ist zwar kein Zweifel, daß Taylor seine vortreffliche perspectivische Methode nicht selbst sollte erfunden haben; allein es hat doch schon Guido Ubaldi, in seiner zu Pesaro, 1600. gedruckten Perspectiv, eben dieselbe vorgetragen, und zwar sowohl sehr

viele Benennungen, die ihm zwar mehrere Lehrsätze geben, dabey aber die Theorie ohne Nothwendigkeit weitläuftiger machen. Sein französischer Uebersetzer füget am Ende den ersten Theil aus **Murdochs** Buche: Newtoni genesis curvarum per umbras, seu perspectivae universalis elementa etc. bey.

Die analytisch = trigonometrische Einkleidung der Perspectiv hat zuerst Hr. Hofr. **Kästner** gewiesen, in der zu Leipzig 1752 herausgegebenen Einladungs-Schrift: Perspectivae et proiectionum theoria generalis analytica g). Hernach hat de la **Caille** in seinen Leçons d' Optique gleichfalls diese Anwendung der Trigonometrie und Analysis auf die Perspectiv gemachet.

Im J. 1753 gab Hr. Prof. **Meister** zu Göttingen eine Inaugural-Disputation heraus unter dem Titel: Instrumentum scenographicum, cuius ope datis obiecti ichnographia et orthographia, invenire scenographiam, citra omnem punctorum, linearum intersectionum, circini, numerorum perspectivae adeo usum facili licet methodo exponit *A. L. F. Meister.* Sie ist wohl die einige in ihrer Art, und hat mit Dürers und anderer Maschinen, nichts gemein. Sie gründet sich auf das **Sirogatti** Methode, vermittelst des vorgelegten Grund- und Standrisses jede Punkte in den perspectivischen Riß einzutragen, mit dem Unterschiede, daß statt der blinden Linien, die S. vorschreibt, Hr. **Meister** zwey Lineale und zwey Winkelhaken gebrauchet. Soweit Hr. Lambert h).

Anamorphosen.

Bey dieser Gelegenheit wird es nicht unnütz seyn, mit wenigen des Kunststückes zu gedenken, wie man durch erhabene oder andere Spiegel **verzogene Bilder** in ihrer gehörigen Gestalt erscheinen machet, wenn gleich dieses Werk eigentlich der Geschichte der Entdeckungen von der Natur des Lichtes, und den davon abhängenden vornehmsten Naturbegebenheiten gewidmet ist. Wer zuerst diesen sinnreichen Einfall gehabt habe, ist nicht bekannt. **Simon Stevin** ist der erste, der davon geschrieben, saget aber nicht, von wem er die Sache gelernet habe. Die Gründe dieser

sehr deutlich als gründlich. In dem letzten Buche seines Werkes wendete er seine Methode auf die Theatermalerey an, worinn ihm Sabatellini, in seiner Prattica di fabricar scene, welche zu Ravenna 1638 neu aufgeleget worden, folget, der auch noch in einem zweyten Buche die Anstalten zu plötzlichen Veränderungen des Theaters beschreibt.

g) Ist auch dem vollständigen Lehrbegriffe der Optik dieses Verf. angehängt. Die Theorie der stereographischen Horizontalprojection findet man in desselben Dissertt. mathem. et phys. auch analytisch abgehandelt. K.

h) Unter den neuesten perspectivischen Schriften ist folgende, deren Verfasser Hr. Lambert ist, am merkwürdigsten. Sie heißt: die freye Perspectiv, oder Anweisung jeden perspectivischen Aufriß von freyen Stücken, und ohne Grundriß zu verfertigen, wovon die erste Ausgabe zu Zürch 1759. 8. die zweyte vermehrte eb. das. 1774 in zwey Theilen herausgekommen. Sie ist mit der dem Verfasser eigenen geometrischen Scharfsinnigkeit abgefasset. Die Methode gründet sich unter andern vornehmlich auf eine Eintheilung der Horizontallinie in Grade, nach den Winkeln, welchen die zu entwerfende horizontalen Linien mit der Tafel machen. Hr. Lambert tritt zwar in der neuen Ausgabe das Recht des ersten Erfinders an de la Caille ab, der diesen Kunstgriff schon in seinen Leçons d' Optique gelehret hat; er ist aber unstreitig ein gutes Theil weiter gegangen, als der Franzose. K.

dieser Kunst hat Vaulezard in seiner Perspective conique et cylindrique [i]) abgehandelt, und Caspar Schott gesteht, daß er seine Vorschriften vom Marius Bettinus genommen habe.

Eine mechanische Art, die dieser Schriftsteller vorträgt, ist folgende. Auf einen Cylinder von Papier oder Pappe zeichnet man die vorzustellende Figur. Diese durchsticht man längst dem Umrisse mit einer Nadel, setzet ein Licht hinter den Cylinder, läßt den Schatten auf die Grundfläche, worauf der Cylinder steht, fallen, und zieht den Schatten nach, der das verzogene Bild giebt. Darauf setzet man einen metallenen cylindrischen Spiegel statt des von Pappe, und giebt dem Auge vor demselben eben die Lage, welche das Licht hinter ihm vorher hatte. Auf solche Art wird das verzogene Bild durch den Spiegel in seiner gehörigen Gestalt erscheinen, zwar nicht völlig genau, aber doch so viel, als zu der Absicht hinlänglich ist [k]).

In der Folge erfand man genauere und geometrischere Methoden, auch ohne Hülfe eines Lichtes das verzogene Bild zu zeichnen. Schott führet verschiedene an, aus dem Bettinus, Herigonius und Kircher [l]). Er zeiget auch dieselbe Sache für conische und andere Arten von Spiegeln. Doch ist die beste, welche Smith in seiner Optik vol. I. p. 250. [m]) beschreibt, nach welcher ein jeder sich die Zeichnung leicht entwerfen kann.

Die mechanischen Arten dergleichen Bilder zu zeichnen, sind wohl zu der größten Vollkommenheit von J. Leupold gebracht worden, der in den Actis Lipsiens. a. 1712. zwey Instrumente, eines zu Zeichnung cylindrischer Bilder, und das andere zu conischen Bildern, beschreibt. Wer ein solches Werkzeug hat, darf nur auf jeder beliebigen Zeichnung den Umriß mit der einen Reißfeder nachziehen, so zeichnet eine zweyte Feder das verzerrete Bild.

J. G. Leutmann hat eine sinnreiche Methode angegeben, wie eine Figur in eine ganz andere verwandelt werden kann, wenn man sie durch ein Rohr betrachtet, das mit verschiedenen reflectirenden Ebenen [n]) versehen ist. Die umständlichere Beschreibung findet man in den (alten) Commentariis Petropol. vol. IV. pag. 202. oder in der von eben dem Verfasser zu Wittenberg 1719. herausgegebenen deutschen Schrift [o]), worauf er sich daselbst bezieht.

i) Saverien, histoire, p. 256. Montucla vol. I. p. 627. (Sie ist 1630. 8. herausgekommen. K.)

k) Schotti magia, vol. I. p. 160.

l) Ibid. p. 162.

m) Der d. A. S. 93 ff. Oder beym Wolf, elem. Catoptr. cap. V. K.

n) Es kommen keine Spiegel hinein, sondern ein Rautenglas (polyedrum) das 24 dreyeckigte Flächen hat, die ohngefähr nach der Krümmung einer Parabel an einander gesetzet sind. Die Zeichnung geschieht mechanisch, ohne geometrische Kunstgriffe, ist also nur ein artiges Spielwerk. K.

o) In den Anmerkungen vom Glasschleifen. K.



Dritte

Dritte Periode.

Entdeckungen des Descartes und seiner Zeitgenossen.

Descartes war derjenige, dem es zuerst glückte, den Aristoteles aus den philosophischen Schulen zu verdrängen. Denn wenn gleich seit der Wiederherstellung der Wissenschaften die Ehrfurcht für das Ipse dixit des Stagyriten nicht mehr so allgemein war, und manche selbst zu denken angefangen hatten, wie Telesius in Italien, Lord Bacon in England; so hatte doch keiner ein genugsames Ansehen sich verschaffen können, um seinen Namen dem Aristotelischen entgegen zu setzen. Es mußte ein neues und allgemeines System der Philosophie seyn, dem dieses gelingen sollte. Die Cartesianische Philosophie erhielt nach einigem Widerspruche, den jede neue Sache sich gefallen lassen muß, eine solche allgemeine Aufnahme, daß die Welt in Gefahr war, anstatt von der bisherigen Knechtschaft frey geworden zu seyn, nur einen neuen Herrn bekommen zu haben.

Die Wahrheit zu sagen, Descartes hatte den Ruf, den er so lange behauptet, mehr seiner fruchtbaren und kühnen Einbildungskraft, die ihn auch zu manchen Irrthümern verleitete, als einer scharfen Beurtheilungskraft und wirklichen Entdeckungen, zu danken. In keinem Theile der Naturwissenschaft hat er mehr geleistet, als in der Optik [a]); aber waren es nicht seine **Wirbel**, die ihm auf den Thron der Philosophie erhoben? Das Cartesianische System konnte nur durch das Newtonianische gestürzt werden, das allem Anscheine nach, so lange stehen wird, als das Weltgebäude, dessen Gesetze es auf eine so einleuchtende Art entfaltet.

Descartes Verdienste um die Optik sind wirklich groß, aber er ist doch in diesem Zeitraume nicht der einzige, der sie bereichert hat. Außer dem Snellius, der den nächsten Schritt zur Entdeckung des wichtigen Gesetzes der Strahlenbrechung that, hatte er noch andere berühmte Zeitgenossen, besonders den berühmten Jesuiten **Scheiner**, Beichtvater des Erzherzoges von Oesterreich, der mit Descartes in demselben Jahre starb, aber älter als derselbe war. Dieser war es, der, wie wir oben gesehen haben, Keplers Entwürfe anderer Gattungen von Fernröhren, als das ursprüngliche oder Galileische war, zur Ausführung brachte; der auch, in Absicht auf die Entdeckung der Sonnenflecken, mit Galileus vielleicht gleichviel Verdienst hat. Sein Buch, Oculus [b]) betitelt, ist im Ganzen eine sehr schätzbare Schrift,

a) Um die Algebra und ihre Anwendung auf die Geometrie hat Descartes sich noch mehr verdient gemachet. Wenn seine Wirbel ihm den philosophischen Thron verschaffen, so müssen seine mathematischen Entdeckungen ihn jetzt vor dem Staube der Vergessenheit bewahren. K.

b) Es ist zu Inspruck, 1619. 248. Quartseiten heraus gekommen. Er untersuchet darinne den Bau des Auges, die Brechung in

Schrift, voll sinnreicher und wichtiger Bemerkungen, über die Beschaffenheit des Sehens.

Noch ein Zeitgenosse und zugleich ein Nebenbuhler des Descartes in der Philosophie war der berühmte Gassendi, der zwar gegen ihn nicht völlig aufkommen konnte, aber doch viele Nachfolger hatte, die im Gegensatz der Cartesianer, Gassendisten genannt wurden. Gassendi schrieb ziemlich umständlich über das Licht und die davon abhängenden Naturbegebenheiten. Er hielt sich aber genau an den Epikurus, behauptete das Licht sey körperlich, und die Sichtbarkeit der Gegenstände rühre von Partikeln her, die immerfort von der Oberfläche der Dinge abfließen. Seine Beantwortungen der Einwürfe gegen diese sonderbare Meynung sind umständlich und scharfsinnig genung; aber man wird wohl nicht erwarten, daß ich sie hier vortragen sollte. Durch Versuche hat dieser Philosoph nichts zur Erweiterung der Optik beygetragen; und überhaupt, wenn er gleich sonst ein großer Mann war, kann man ihm in diesem Fache kein sonderliches Verdienst zugestehen. Er war mehr Litterator, als Naturforscher.

Sowohl gegen das Cartesische als auch das vom Gassendi wieder aufgebrachte Epikuräische System bekam das alte Aristotelische einen Vertheidiger an dem du Hamel, dem ersten Secretaire der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Paris. Dieser untersuchet und widerleget jene beyden Systeme sehr umständlich in seiner 1681. herausgekommenen Astron. physica, und vertheidiget dagegen sehr eifrig die Aristotelische Lehre vom Lichte, nach welcher es als eine Eigenschaft der Körper angesehen wird.

Auch lebte um diese Zeit Aquilonius c), ein Jesuit aus Brüssel, der 1613. ein weitläuftiges Werk über die Optik herausgab. Es ist sehr systematisch und vollständig, besonders in Absicht auf den mathematischen Theil; enthält aber wenig physikalisches und nichts eigenes von Wichtigkeit.

Ja nicht zu vergessen ist der arbeitsame und sinnreiche Athanasius Kircher, einer der vornehmsten Naturkündiger und Mathematiker seiner Zeit. Er war mit Descartes ohngefähr von gleichem Alter, lebte aber dreyßig Jahr länger. Sein großes und prächtiges Werk, Ars magna lucis et vmbrae d), muß zu der Zeit, da

in den Feuchtigkeiten, beweist weitläuftig, daß der Sitz des Sehens auf der Netzhaut sey, und trägt darauf eine Menge Fragen und Wahrnehmungen über den Sehewinkel vor. K.

c) Er ist schon 1617. gestorben. Das Buch führet den Titel: Francisci Aquilonii e S. I. opticorum libri sex, Antwerp. 1613. fol. 684. S. Der Verfasser wollte die Katoptrik und Dioptrik eben so weitläuftig abhandeln, als er es hier mit der Optik gethan hat. Es ist gut, daß der Vortrag der Wissenschaften auf einer Seite wieder eingeschränket wird, wenn er auf der andern wegen der neuen Entdeckungen weitläuftiger wird. Was würde man sonst seit 1613 für ein ungeheuer System der Optik haben! die ersten vier Bücher betreffen das Sehen, das fünfte die Lehre vom Lichte und Schatten; das sechste handelt die Projectionen ab, die orthographische, die stereographische (diese Benennung hat er zuerst aufgebracht, pag. 572) und die scenographische. Das letzte Buch ist vielleicht noch am meisten zu brauchen. Die Jesuiten scheinen zu den geometrischen Künsteleyen besonders aufgeleget gewesen zu seyn. K.

d) Ist zu Rom 1646. fol. 935. S. stark herausgekommen. Es stecket voll Spielwerke vom Anfange bis zum Ende. K.

da es herauskam, als ein Meisterstück angesehen worden seyn. Kircher entdeckte zwar keine neue Eigenschaft des Lichtes, erklärte auch keine der Hauptbegebenheiten in der Natur besser, als man es vor ihm gethan hatte; demohngeachtet wird man in dem gegenwärtigen Abschnitte dieser Geschichte sehen, daß die Optik ihm vieles zu danken habe.

Zusatz des Uebersetzers.

Ich setze noch den Freund und Nachahmer Kirchers, den Jesuiten Caspar Schott, hinzu, der unter andern Curiosis auch eine Magiam universalem naturae et artis geschrieben hat, die zu Würzburg 1657 in 4 Quartbänden herausgekommen, wovon der erste die optischen Kunstsachen begreifet. Das meiste scheint aus Kirchern genommen zu seyn, und betrifft größtentheils nur Spielwerke. Schott ist zu Königshofen im Würzburgischen 1608 gebohren, ist zu Palermo und hernach zu Würzburg Professor der Mathematik gewesen, an welchem letztern Orte er 1666 gestorben ist.

Kircher war aus dem Fuldaischen gebürtig, lehrete zuerst zu Würzburg und in der Folge zu Rom die Mathematik in dem Jesuitercollegio. Er starb daselbst 1680 im 80sten oder 82sten Jahre seines Alters.

Johann Baptista du Hamel aus der Normandie ist 1624 gebohren, und 1706 gestorben. Seine Astronomia physica, die schon 1660 herausgekommen, ist in Dialogen geschrieben. Seine historia regiae scientiarum Academiae ist 1698, und vermehret 1701 herausgekommen. Er wird wegen seiner schönen lateinischen Schreibart gerühmet.

Erster Abschnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen die Strahlenbrechung betreffend.

Das Gesetz der Strahlenbrechung hatten sowohl Alhazen als Vitellio zu entdecken gesuchet, und in dieser Absicht einige Versuche angestellet. Aber natürlicher Weise fielen sie auf Vergleichung der Winkel selbst, nicht ihrer Sinus oder Secanten; verfehleten also die Wahrheit. Selbst Kepler, der in neuern Zeiten sich so sehr darum Mühe gab, dachte auf keine andere Methode e). Alles Fleißes ungeachtet konnte er, und andere Naturforscher, nicht weiter kommen, als bis zu der Bemerkung, daß wenn der Einfallswinkel ins Glas unter 30 Gr. ist, der Brechungswinkel ohngefähr zwey Drittel desselben sey. Hiermit waren die Naturforscher

e) In der Nachricht, die ich oben von Keplers Schriften gegeben, ist bemerket, daß K. sich nicht bloß an die Winkel gehalten hat. K.

scher dieses Zeitalters, darinn die Geometrie sehr bearbeitet ward, und man ihre Genauigkeit also gerne in andern Sachen auch erreichen wollte, nicht zufrieden. Scheiner spürete dem Gesetze der Brechung gleichfalls nach, und maaß das Verhältniß des Einfalls- und Brechungswinkels aus Luft in Wasser von Grad zu Grad mit vieler Genauigkeit. Die Resultate seiner Beobachtungen brachte er in eine Tabelle, welche man in Kirchers Ars magna, p. 680. findet.

Scheiners Beobachtungen der Strahlenbrechung

und Kirchers.

Mit vieler Sorgfalt und Mühe verfertigte Kircher aus wirklichen Versuchen eine Tafel der Brechungen für jeden Einfallswinkel, die er sogar in einzelnen Minuten angab. Er beobachtete auch die Brechungen im Weine, Oele und Glase. Man findet diese Tafeln, und die Art, wie sie verfertiget sind, in der Ars magna p. 672. 682 [b]). Diese Untersuchungen mögen so lange, als man das wahre Gesetz der Brechung noch nicht kannte, von großem Nutzen gewesen seyn. Da Kirchers Werk bald nach Cartesens Dioptrik herauskam, so muß er wohl seine Versuche vor der Entdeckung des Gesetzes der Brechung gemachet haben, aber eine zu kurze Zeit vorher, als daß man einen beträchtlichen Gebrauch davon machen konnte.

Einigen Lesern wird es vielleicht angenehm seyn, wenn ich hier Kirchers Methode, die Brechung zu messen, beschreibe, besonders da sie vermuthlich dieselbe ist, deren sich Alhazen, Vitellio, Scheiner und andere alte Optiker mögen bedienet haben. CDE ist ein hohles Gefäß, eine vollkommene Halbkugel, an welchem ein genau eingetheileter Quadrant CO, mit einer Hülse G, befestiget ist. Um den Mittelpunkt B beweget sich die Regel OE, dergestalt, daß sie mit dem einen Ende längst der innern Seite des Gefäßes, an welcher auch ein eingetheilter Quadrant verzeichnet ist, und mit dem andern Ende längst dem Quadranten CO sich beweget. Die brechende Kraft eines flüßigen Körpers durch dieses Werkzeug zu erforschen, füllete er es erstlich damit bis an den Mittelpunkt B an, neigete alsdenn die Regel OE unter einem gewissen Winkel, und beobachtete sowohl die Stelle, wo die Regel das Gefäß wirklich berührte, als auch wo sie es, wegen der Brechung, zu berühren schien, indem er längst der Regel hinsah. Oder, ohne die Regel zu gebrauchen, konnte man in dem flüßigen Körper den Weg eines Sonnenstrahls beobachten, der durch eine Diopter an dem Quadranten auf den Mittelpunkt B fiel [c]).

fig. 22.

Kirchers Tafeln der Brechungen aus Luft in Wasser und Glas sind ein wenig von des Vitellio seinen unterschieden, die er nebst den seinigen einrücket, daß seine Leser beyde vergleichen möchten.

Snellius entdecket das Gesetz der Brechung.

Endlich ward diese Hauptentdeckung in der Optik, nämlich des wahren Gesetzes der Strahlenbrechung, gemachet, und zwar, nur noch nicht ganz vollkommen, von

b) Kircher giebt die Brechungen im Weine, Oele und Glase für Einfallswinkel von 10. zu 10 Gr. an, aus Beobachtungen. Ferner berechnete er, nach Keplers oben von mir angezeigter Methode für alle Einfallswinkel von Grad zu Grad, die Brechungswinkel im Wasser, bis auf Secunden.

c) Ars magna p. 681. (Kircher erwähnet keiner Hülse (flide), sondern nur eines Diopterlineals an dem Quadranten, statt dessen auch eine feine Röhre dienen könne. Er hat statt der Hülse ein Auge undeutlich hingezeichnet. K.)

von **Willebrordus Snellius**, Professor der Mathematik zu Leiden [d]). Er verstand seine eigene Entdeckung nicht völlig, lebete auch nicht lange genug, um sie bekannt machen zu können; aber seine Handschrift, darinn er sie beschrieben, hat **Huygens** gesehen. Auch erzählet **Vossius** in seiner Schrift de natura lucis, daß der Professor **Hortensius** diese Entdeckung sowohl in seinen Lehrstunden, als auch sonst vorgetragen hätte. **Descartes** machete sie hernach in seinen Schriften bekannt, mit etwas veränderter Form des Ausdruckes, ohne den Erfinder zu nennen, dessen Schrift er, wie Huygens gehöret hat, gesehen haben soll.

fig. 23. Snellius kam vermuthlich durch die Erfahrung auf seine Entdeckung. Sie bestand, nach Huygens, in folgendem [e]): Es sey A B die Oberfläche eines dichtern Mittels, als des Wassers, darinn D ein sichtbarer Punkt, der einem Auge in F in der geraden Linie F C erscheinet. Diese F C verlängerte er, bis sie der, durch D auf die Oberfläche des Wassers senkrechten D A in G begegnete. Nun nahm er an, daß das Bild des Punktes D in G erschiene, und daß die geraden Linien, C D und C G, ein unveränderliches Verhältniß zu einander hätten, nämlich im Wasser das von 4 zu 3. Dieses ist ganz richtig, und kömmt mit dem Gesetze der Strahlenbrechung, wie man es in der Folge ausgedruckt hat, überein. Denn es ist C D zu C G, wie der Sinus D G C oder A G C oder H C F, zu dem Sinus des Winkels C D G oder D C E. Das heißet der Sinus des Einfallswinkels hat zu dem Sinus des Brechungswinkels ein unveränderliches Verhältniß. Aber, saget Huygens, auf das Verhältniß der Sinus dachte Snellius nicht; und glaubete, daß hier alles auf das scheinbare Bild der Sache ankäme, daß er sogar in dem senkrechten Strahle, wie H C, eine Wirkung der Brechung, oder eine Verkürzung des Sehestrahls annahm, weil er sich dadurch verführen ließ, daß der Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, wenn man auch senkrecht von oben darauf siehet, sich allenthalben zu erheben scheinet. Dieses ist aber aus den Strahlen, die nach beyden Augen zugehen, zu erklären.

Descartes Vortrag dieses Gesetzes.

Descartes erwähnet keines Versuches, den er zur Entdeckung dieses Gesetzes gemachet hätte, sondern kleidet es als eine Folgerung aus seinen Untersuchungen über die Zurückwerfung und Brechung ein. Er drücket es etwas anders, und bequemer aus, als es Snellius vorgetragen, da er statt des Verhältnisses der Secanten das Verhältniß der Sinus brauchet.

* Vor ihm hatte man es noch nicht gewaget, die **Ursache der Brechung** zu erklären. Er versuchete sie aus mechanischen Grundsätzen, durch die Zerlegung der Kräfte, anzugeben. Zu dem Ende nahm er an, daß die Geschwindigkeit des Strahls, wenn er aus dem dünnern Mittel in das dichtere übergeht, vermehret werde, oder daß er das dichtere Mittel leichter durchdringe. Es sey A B der einfallende Strahl, dessen Bewegung nach den zwey Richtungen B C, in der Oberfläche des

fig. 24.

d) Er ist 1626. im 35sten Jahre seines Alters gestorben. Er ist auch der erste, der den rechten Weg zur Ausmessung der Größe der Erde betreten hat. K.

e) Hugenii Dioptr. p. 2.

des Wassers, und BH, der senkrechten auf diese Oberfläche zerfället werde; worauf das Parallelogramm AHBC vollendet, und ein Kreis mit AB um B beschrieben wird. Ist nun die Geschwindigkeit in dem dichtern Körper um ein drittheil größer als die in der Luft, so beschreibt der Strahl in jenem Mittel denselben Weg in zwey Zeittheilen, den er vorher in drey Zeittheilen beschrieb, weil die Geschwindigkeiten bey gleichen Räumen sich umgekehrt, wie die Zeiten verhalten. Man nehme auf der verlängerten BC das Stück $BE = \frac{2}{3} BC$, so muß der Strahl in zwey Zeittheilen nunmehr sowohl den Halbmesser des Kreises beschreiben, als auch nach der Richtung BE um das Stück BE fortgegangen seyn, indem die Geschwindigkeit nach BE nicht verändert wird. Er kann also seinen Weg nicht nach der geraden Linie ABD genommen haben, sondern muß den Kreis in I treffen, wo die auf EB senkrechte EI den Kreis schneidet. Auf solche Art ist freylich das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels, AH oder CB, zu dem Sinus des Brechungswinkels, BE oder GI unveränderlich, nämlich das umgekehrte Verhältniß der Geschwindigkeiten in dem ersten und zweyten Mittel. Und man brauchet für jedes Mittel nur eine Beobachtung anzustellen, um durch Rechnung für jeden Einfallswinkel den Brechungswinkel zu bestimmen [f].

Einwürfe dagegen.

Der erste, der die Wahrheit dieser Erklärung in Zweifel zog, war **Fermat**, Parlamentsrath zu Toulouse, ein sehr geschickter Mathematiker [g]. Er behauptete gegen Descartes, daß das Licht im Wasser mehr Widerstand als in der Luft antreffe, so wie im Glase mehr als im Wasser; und die Größe des Widerstandes in verschiedenen Mitteln verhalte sich, in Absicht auf das Licht, wie ihre Dichtigkeiten. **Leibnitz** nahm diesen Gedanken überhaupt an; und schloß mit dem Fermat folgendergestalt [h].

Theorie aus den Endursachen.

Die Natur erreichet ihre Endzwecke auf die kürzeste Art. Also muß das Licht von einem Punkte zum andern entweder auf dem kürzesten Wege, oder in der kürzesten Zeit gehen. Nun ist der Weg des Lichtes von einem Punkte in dem dünnern Mittel, zu einem Punkte in dem dichtern, woferne sie nicht in einer senkrechten Linie auf

f) Cartesii Dioptr. p. 52. (Die Dioptrik ist ursprünglich französisch geschrieben, und in dieser Sprache 1637. herausgekommen. Sie ist hernach unter des Verf. Aufsicht ins lateinische übersetzt, und von ihm an verschiedenen Stellen verbessert worden. K.)

g) Von Fermats Streite mit Descartes handelt umständlich Montucla, vol. 2. p. 188.

h) Fermats und Leibnitzens Gedanken sind noch ziemlich verschieden. Jener nahm an, das Licht gehe in dem dichtern Mittel langsamer als in dem dünnern; dafür sey der Weg in dem dichtern so viel kleiner, daß die Zeit auf dem ganzen Wege in beyden Mitteln ein kleinstes werde. Seine Rechnung gab ihm: daß die Einfalls- und Brechungs-Sinus sich umgekehrt wie der Widerstand verhalten.

Leibnitz sagete, das Licht nehme den leichtesten Weg; die Leichtigkeit hänge sowohl von der Länge des Weges als von dem Widerstande ab. Nun findet er durch die Differentialrechnung, daß jene Sinus sich umgekehret wie der Widerstand verhalten. Er giebt auch, wie Descartes, dem Strahle in dem dichtern Mittel mehr Geschwindigkeit, ungeachtet er ihn daselbst mehr Widerstand antreffen läßt. S. Montucla hist. vol. 2. p. 190. Acta Erudit. 1682. pag. 185-190. K.

auf die gemeinschaftliche Oberfläche liegen, offenbar nicht der kürzeste. Er muß also so beschaffen seyn, daß er die wenigste Zeit erfordert. Nun läßt es sich beweisen, daß, wenn das Licht bey seinem Uebergange aus einem Mittel in das andere die kürzeste Zeit auf dem Wege von einem Punkte in jenem, zu einem Punkte in diesem, gebrauchen soll, es so gebrochen werden muß: daß die Einfalls- und Brechungssinus sich wie die verschiedenen Leichtigkeiten verhalten, womit das Licht diese Mittel durchdringt. Daraus folget, daß, weil das Licht, wenn es schief auf die Fläche des Wassers fällt, nach dem Perpendikel zu gebrochen wird, und daher der Sinus des Brechungswinkels kleiner als der Sinus des Einfallswinkels ist, die Leichtigkeit, damit es durchs Wasser geht, kleiner ist, als die bey dem Durchgange durch die Luft. Und das Licht findet also im Wasser mehr Widerstand als in der Luft.

Diese Art, aus den Endursachen zu schließen, war für Philosophen nicht genugthuend. Fermat selbst war nicht recht damit zufrieden, und wandte sich deshalb an de la Chambre, der ihm aber auch nicht helfen konnte.

Ich bediene mich dieser Gelegenheit, eine Voraussetzung des Dechales zur Erklärung der Strahlenbrechung anzuführen. Er nimmt an, jeder Lichtstrahl, wie BCAD, sey aus mehrern, an einanderhängenden Lichtstrahlen zusammengesetzet. Diese würden, meynet er, bey dem Uebergange in ein dichter Mittel, nach dem Einfallslothe deswegen hingebrochen, weil ein Theil des Strahls, wie B, mehr Widerstand leidet, als ein anderer, A, weswegen B, einen kleinern Raum durchläuft als A; daß also der Strahl sich gegen den Perpendikel zu neigen muß. Der berühmte Dr. Barrow nahm diese Erklärung an, wo er nicht gar der Urheber derselben ist. Aber Dechales selbst ist nicht damit zufrieden. Nach dieser Erklärung müssen Mittel, von einer größern brechenden Kraft, dem Durchgange des Lichts mehr widerstehen, als solche, die eine geringere brechende Kraft haben, welches aber der Erfahrung zuwider ist [i]).

Zweyter Abschnitt.

Erklärung des Regenbogens nach Descartes.

Ein Hauptverdienst um die Optik hat Descartes sich durch seine Erklärung des Regenbogens gemachet, wobey er den Weg verfolgete, den de Dominis schon eingeschlagen hatte; welcher aber den äußern Regenbogen irrig erklärete, und keine Ursache angab, warum beyde Bogen den Halbmesser, unter welchem sie dem Auge des Zuschauers erscheinen, und keinen andern haben. Beydes hat Descartes

i) Saverien Dictionn. vol. 2. p. 368. (Montucla eignet diese Erklärung, die er aber, nach dem Barrow, etwas anders vorträgt, dem P. Maignan, als vermuthlichen Urheber zu. Hobbes, und in den neuern Zeiten, Rizzetti, hätten sie, saget er, auch angenommen. K.)

tes sehr gut auseinander gesetzet, nur war er noch nicht so glücklich, den Grund der Regenbogenfarben angeben zu können.

Cartesens Erklärung. fig. 26.

Der äußere Regenbogen, saget er, wird durch zwey Zurückstrahlungen und zwey Brechungen in einem Wassertropfen hervorgebracht, wie in B, wo S die Sonne, O das Auge des Zuschauers vorstellet, das einen Lichtstrahl, nach zweymaliger Zurückwerfung im Tropfen B, und zweymaliger Brechung, einmal beym Eintritte unten im Tropfen, und zum andernmal oberhalb beym Ausgange erhält. Hingegen bey dem innern Regenbogen fähret der Strahl oberhalb in den Tropfen A hinein, wird innwendig einmal zurückgeworfen, und alsdenn unterhalb beym Ausgange nach dem Auge hingebrochen [a]).

Versuch zur Bestätigung. fig. 27.

Diese Erklärung gründet er auf folgenden Versuch. Er nahm eine mit Wasser gefüllte gläserne Kugel BCD, hieng sie gegen die Sonnenstrahlen, die von der Seite AFZ herkamen, auf; stellete sein Auge in E, und fand, daß der Theil bey D immer roth erschien, wenn nur der Strahl DE mit der Linie EM; welche man in Gedanken durch das Auge nach der Sonne ziehen muß, einen Winkel von ohngefähr 42 Grad machte. Sobald er diesen Winkel ein wenig größer nahm, verschwand die Röthe; machte er ihn ein wenig kleiner, so kamen gelbe, himmelblaue und andere Farben an der Kugel zum Vorscheine. Sah er hierauf nach der Gegend bey K, und der Winkel bey KEM war etwa 52 Grad, so zeigte sich auch da ein rother Fleck, aber nicht so helle, wie vorher bey D. Machte er den Winkel ein wenig größer, so erschienen daselbst andere wiewohl mattere Farben, und ward der Winkel ein wenig kleiner genommen, so sahe er gar keine. Also, saget er, ward der Strahl AB in B gebrochen, in C zurück geworfen, und beym Ausgange in D nach E wieder hin gebrochen. Denn sobald er eine der Linien AB, BC, CD, DE, durch einen dunklen Körper auffieng, verschwand die rothe Farbe; wenn er aber gleich die ganze Kugel, bloß die Punkte B, D, ausgenommen, bedeckete, so blieb die Kugel bey D helle roth. Die rothe Farbe bey K, saget er, entsteht von den Strahlen, die von F nach G kommen, daselbst nach H hin gebrochen, in I sowohl als K zurück geworfen, und beym Ausgange in K nach dem Auge hin gebrochen werden [b]).

Vergleichung der Regenbogenfarben und der prismatischen.

Nun blieb ihm aber eine Hauptschwierigkeit übrig. Nämlich, wenn die Kugel auch eine andere Lage, als die beyden angezeigten hat, so können doch nach zwey Brechungen,

a) Ein Hauptumstand hierbey ist, daß die Strahlen, welche die Empfindung einer Farbe an dem Tropfen verursachen, parallel ins Auge kommen, wie sie von der Sonne her auf die Tropfen fallen. Montücla, und nach ihm Priestley, lassen dies dem Descartes bemerken, der aber nichts davon saget, wenn man es gleich aus seinen Bemerkungen herleiten kann. Ueberhaupt möchte man von diesen beyden Schriftstellern Descartes Erklärung wohl nicht recht kennen lernen. Deswegen habe ich in diesem Abschnitte mich genau an Descartes selbst gehalten, und mir nur die Freyheit noch dazu genommen, ein paar kritische Bemerkungen einzustreuen. Die Cartesianische Erklärung des Regenbogens ist in dem 8 Kap. seiner Schrift de meteoris enthalten. K.

b) Kircher führet diesen gedoppelten Versuch mit der Glaskugel auch an, Ars magna, p. 35. Ob er ihn schon vom Descartes genommen, oder den Versuch, den man dem de Dominis zuschreibt, erweitert habe, kann ich nicht sagen. K.

Brechungen, und einer oder zwey Zurückwerfungen, Strahlen ins Auge kommen. Demohngeachtet erblicket man doch keine Farben. Deswegen, erzählet er, habe er nachgedacht, ob man nicht eine andere Sache finden könnte, die ebenfalls Farben hervorbrächte, damit er durch Vergleichung derselben mit den Wassertropfen, desto eher von der Ursache der Farben urtheilen möchte. Hier wäre ihm das gläserne Prisma eingefallen. Er habe also eines genommen, dessen Seiten MN, NP vollkommen eben, und gegen einander unter einem Winkel von etwa 30 oder 40 Gr. geneigt gewesen. Hierauf habe er die Sonnenstrahlen ABC auf MN senkrecht fallen lassen, und die Seite NP mit einem dunkeln Körper bedecket, worinne er ein kleines Loch, DE gelassen. Die Strahlen, welche durch diese Oeffnung auf das weiße Papier FGH gefallen, hätten daselbst alle Regenbogenfarben entworfen, die rothe Farbe in F, die violetne in H. Hieraus folgert er, daß weder eine gewisse Figur des durchsichtigen Körpers, noch die Zurückwerfung der Strahlen, noch eine mehrmalige Brechung zur Hervorbringung der Farben nothwendig sey; aber daß wenigstens eine Brechung erfordert werde; und, setzet er hinzu, auch noch Schatten, oder eine Einschränkung des Lichtes. Denn, saget er, ohne den dunkeln Körper bey NP verschwinden alle Farben; und wenn die Oeffnung DE ziemlich groß gemachet wird, so breiten sich deswegen die Farben bey F und H nicht weiter aus; aber der mittlere Raum bey G bleibt weiß. fig. 28.

Bis hieher ist alles vortrefflich, nur den letzten Zusatz, die Nothwendigkeit des Schattens betreffend, ausgenommen. Nun wollte aber Descartes so weit dringen, als es uns vermuthlich die Natur nie erlauben wird; er wollte die Quelle der Farben entdecken. Newton selbst fand nichts mehr, als daß die Strahlen, welche die Empfindungen verschiedener Farben erregen, eine verschiedene Brechbarkeit besitzen. Hätte Descartes aus seinem Versuche die unmittelbare Folge gezogen, daß die rothen Strahlen am wenigsten, die violetnen am meisten gebrochen werden, und darauf weiter fortgebauet, ohne den Grund dieser Erscheinung vergeblich zu suchen, so hätte er Newtonen vieles vorwegnehmen können. So aber, weil er zu viel erklären wollte, erklärete er nichts. Er meynet, die Kügelchen, daraus er das Licht bestehen läßt, hätten eine verschiedentliche Bewegung um ihre Axe; diejenigen, welche am geschwindesten sich dreheten, erweckten die Empfindung der rothen Farbe; die, welche ein wenig langsamer sich dreheten, die Empfindung der gelben, u. s. w. Ferner glaubet er, die Lichttheilchen, welche an der Gränze des Lichtes und Schattens bey E nach dem Schatten hin gebrochen werden, verlören etwas von der Geschwindigkeit ihrer drehenden Bewegung, so wie die auf der andern Seite bey D daran gewönnen; worüber er sich zwar umständlich erkläret, aber doch dunkel bleibt, da er auf einem Irrwege ist.

Bey allem diesem habe er, saget er, doch anfangs gezweifelt, ob an dem Regenbogen die Farben auf gleiche Art, wie in dem Prisma, erzeuget würden? Denn er hätte daran keinen Schatten bemerket, der das Licht begränzte, auch nicht gewußt, warum die Farben nur unter gewissen Winkeln erscheinen. Endlich habe er

die Feder ergriffen, und die Wege der Strahlen, welche auf verschiedene Punkte desselben Tropfens fallen, sorgfältig berechnet, um die Winkel zu erfahren, unter welchem sie nach zwey Brechungen, und einer oder zwey Zurückwerfungen ins Auge kommen. Da fand er, daß, nach einer Zurückwerfung und zwey Brechungen, weit mehr Strahlen ins Auge kommen, wenn sie unter einem Winkel von 41 bis 42 Grad (nämlich mit der Linie durchs Auge nach der Sonne) darauf fallen, als unter jedem kleinern Winkel, und daß unter einem größern Winkel gar keine das Auge erreichen. Gleichfalls fand er, daß nach zwey Zurückwerfungen, und zwey Brechungen, unter einem Winkel von 51 bis 52 Gr. weit mehr Strahlen ins Auge kommen, als unter einem jeden andern größern, und daß unter einem kleinern Winkel gar keiner das Auge trifft. Also meynet er, sey hier doch beyderseits ein Schatten zur Seite des Lichtes. Denn gar keine Strahlen, oder weit weniger von einem Objecte empfangen, als von einem benachbarten, wäre eben so viel, als Schatten sehen. Demnach hält er es für einleuchtend genug, daß die Regenbogen- und die prismatischen Farben aus einerley Ursache entstehen; daß der Halbmesser des innern Bogens nicht über 42 Gr. und derjenige des äußern nicht unter 51 Gr. seyn dürfe.

Berechnungen der Winkel am Regenbogen.

Seine Berechnungen hierüber sind ganz umständlich, und wohl ausgedacht, wiewohl die neuere Rechnung des Unendlichen sie weit kürzer machen lehret. Er theilet den Halbmesser eines Tropfens in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, als 10000; läßt auf ihn eben so viel Strahlen fallen; berechnet von dem ersten Strahle in jedem Tausend den Weg im Tropfen, und den Winkel am Auge; findet für den 8000sten Strahl vom Mittelpunkte an gerechnet, den Winkel DEM = 40° 44′, als den größten unter allen. Weiter berechnete er für den ersten jedes hunderts zwischen 8000 und 9800 eben den Winkel, und fand ihn für den 8500 und 8600sten in Minuten gleich, nämlich 41° 30′, und zugleich als den größten unter allen übrigen. Eben so verfuhr er für den Winkel KEM, den er, wenn er am kleinsten ist, 51° 54′ groß fand [c]). Für diese Winkel ändert sich die Lage des ausfahrenden Strahles unmerklich, wenn gleich der Strahl dem Mittelpunkte des Tropfens merklich, (in Absicht auf den ganzen Halbmesser) sich nähert oder davon entfernet, und das Auge bekömmt bey ihnen mehr Strahlen, als bey andern Winkeln.

Descartes hat also Wahres und Falsches durch einander gesaget. Das Mathematische ist richtig, die physikalische Anwendung ist fehlerhaft. Daß wir unter den bemerkten Winkeln die meisten Strahlen empfangen, verursachet keinen Schatten, und dadurch Farben; sondern es machet, daß wir die Tropfen, welche sie uns so zusenden, desto stärker empfinden. Die Strahlen kommen, wegen des sich unmerklich verändernden Winkels DEM, KEM, wenn gleich die Einfallspunkte B und G sich ändern, parallel ins Auge, wie sie auffallen. Keine Zerstreuung schwächt

c) Das Brechungsverhältniß aus Luft in Wasser, setzete er, genauen Erfahrungen zufolge, 250 zu 187, welches auch ziemlich genau ist. K.

schwächt ihre Wirkung. Aber wir würden nur einen glänzenden Streifen am Himmel sehen, wenn die Strahlen alle gleichviel Brechbarkeit hätten. Dieser würde so breit seyn, als der Durchmesser der Sonne beträgt, weil die Linie EM nach einem jedem Punkte der Sonne gezogen werden kann. Diesen Streifen, wenn es einen solchen gäbe, würde Descartes erkläret haben. Den wahren Regenbogen völlig zu erklären, blieb einem Newton vorbehalten.

Zusatz des Uebersetzers.

Ein noch vor Newton über die Regenbogenfarben geschriebenes Buch, worinn sie aus den Erscheinungen am Prisma erkläret werden, rühmet Hr. Scheibel in dem Programma über Fleischern. Es hat den Titel: Thaumantias liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura, ortu et caussis. In quo pellucidi opticae fontes a sua scaturigine, ab his vero colorigeni rivi derivantur. Ducibus Geometria et Physica Hermetoperipatetica. Authore Io. Marco Marci, Med. Prim. Profess. in Univers. Pragensi. Pragae 1648. in 4. pagg. 268.

Dritter Abschnitt.

Bemerkungen das Sehen betreffend.

Die wichtigsten Beobachtungen über das Sehen, welche in diesen Zeitraum fallen, gehören Scheinern zu. Ihm hat man einen schönen Versuch zu danken, wodurch der Satz, daß das Sehen durch Bilder geschieht, welche sich von den äußern Gegenständen auf der Netzhaut malen, vollends bewiesen wird. Er schnitt hinten an einem Ochsen- oder Schaafsauge die Häute weg, worauf er die Bilder solcher Gegenstände, die in der gehörigen Entfernung von diesen Augen sich befanden, deutlich und vortrefflich auf der bloßen Netzhaut abgemalet erblickete. An einem menschlichen Auge nahm er dasselbe wahr. Er machete diesen merkwürdigen Versuch zu Rom im Jahr 1625 [a]).

Bemerkungen von Scheinern.

Scheiner zeiget umständlich die Uebereinstimmung zwischen dem Auge und dem verfinsterten Zimmer, giebt auch verschiedene Mittel an, wie man die Bilder der Gegenstände aufrecht machen könne [b]). Daß wir die Sachen aufrecht sehen, ungeachtet ihre Bilder im Auge umgekehret sind, erkläret er wie Kepler [c]).

Daß bey Betrachtung entfernter Gegenstände der Stern sich erweitere, und, um nahe zu besehen, sich zusammenziehe, wußte Scheiner ganz wohl, erwies es

a) Schotti magia vniu. p. 87.
b) Oculus, p. 176.
c) Ibid. p. 192.

durch Versuche, und erläuterte es durch Zeichnungen. Wenn eine Nadel, oder sonst eine kleine Sache, nahe vor das Auge eines Menschen gehalten wird, der sie aufmerksam ansieht, so erkennt man deutlich, wie sich der Stern verengert, der, sobald die Sache entfernet wird, sich wieder erweitert d).

Er zeigete, daß die Sehestrahlen von einer Sache, die durch ein kleines Loch in einem dünnen Brettgen oder in einem Papier betrachtet wird, sich einander kreuzen, ehe sie ins Auge kommen. Denn wenn die Schärfe eines Messers hart an das Brettgen, auf der Seite nach dem Auge zu, gehalten, und längst demselben fortbeweget wird, bis sie an das Loch kömmt, so wird derjenige Theil der Sache zuerst verdecket werden, der in Absicht auf das Loch der Schärfe des Messers entgegengesetzet ist e). Es ist bey diesem Versuche nicht nöthig, daß die Klinge dicht an das Brettgen gehalten werde.

Wenn man in ein Blech zwey oder mehr Löcher mit einer Nadel sticht, deren Entfernung von einander nicht größer als der Durchmesser des Sternes im Auge ist, und das Blech hart an das eine Auge hält, während das andere geschlossen ist, so wird man, saget er, einen entfernten Gegenstand so oft vervielfältiget sehen, als Löcher da sind, und noch deutlicher, als wenn man sie, ohne etwas vor das Auge zu halten, betrachtet f). Doch bemerket er, daß in einer gewissen Entfernung vom Auge die Sache, auf die gedachte Art, nicht vervielfältiget erscheint g). Die Erklärung dieser artigen Erscheinung wird in der letzten Periode dieser Geschichte, unter den Entdeckungen, das Sehen betreffend, vorkommen.

Wenn ein kleiner Körper in einem Loche, etwa einen Zoll im Durchmesser groß, aufgehängt wird, und das Auge, aus einem dunkeln Orte, durch das Loch auf mehrere Fackeln oder Lichter sieht, so wird es, nach Scheiners Erfahrung, den kleinern Körper so viel mal sehen, als Fackeln da sind h). Was das Auge empfindet, ist in der That nichts anders, als der Schatten des kleinen Körpers, der von jeder Fackel entsteht.

Scheiner bemühte sich sehr die Dichtigkeit und brechende Kraft jeder Feuchtigkeit im Auge zu erforschen. Die wässerichte Feuchtigkeit ist nach ihm in Absicht auf die vergrößernde Kraft wenig vom Wasser unterschieden, so wie die krystallene dem Glase nahe kömmt. Das Mittel zwischen beyden halte die gläserne Feuchtigkeit. Den Gang der Sehestrahlen durch die Feuchtigkeiten des Auges stellet er sehr genau und umständlich dar, und zeiget, nachdem er alle mögliche Hypothesen über den Sitz des Sehens durchgegangen, daß er auf der Netzhaut zu suchen sey i).

Vom Descartes.

In den Schriften des **Descartes** findet man auch viele Anmerkungen über das Sehen, wovon verschiedene sehr treffend sind, und angeführet zu werden verdienen. Die natürliche Methode, die Größe, Lage und Entfernung der Gegenstände aus der Richtung der Augenaxen zu beurtheilen, erläutert er sehr wohl durch die Verglei-

d) Ibid. p. 31.
e) Ibid. p. 32.
f) Ibid. p. 37.
g) Ibid. p. 41.
h) Ibid. p. 49 (und 217.)
i) Ibid. p. 193.

Vergleichung der Art, wie ein Blinder von der Größe und Entfernung einer Sache, vermittelst zweyer Stäbe, selbst von unbekannter Länge, urtheilet, wenn seine Hände worinn er die Stäbe hält, in einer bekannten Entfernung und Lage gegen einander sind [k]).

Da wir von der Lage der Gegenstände nach dem Orte zu urtheilen pflegen, worauf ihre Bilder im Auge fallen, so wird man, wie er bemerket, wenn durch eine Verdrehung des Auges, die gewöhnliche Art sie zu empfinden, verändert wird, in Absicht auf die Lage des Gegenstandes sich irren, oder ihn für doppelt halten. So hält man eine einzige Kugel, die man zwischen zwey kreuzweise über einander gelegeten Fingern fasset, für zwey [l]). Aber alle unsere Methoden, von der Entfernung der Gegenstände zu urtheilen, saget er, sind sehr unsicher, und in enge Gränzen eingeschränket. Die Richtung der Augenaxen könne in einer Entfernung von mehr als 15 oder 20 Fuß nicht mehr helfen, und die Veränderung in der Gestalt der krystallenen Linse diene nur in Weiten von drey oder vier Fuß [m]). Denn er glaubet, daß bey veränderter Entfernung der betrachteten Sache, die Figur des ganzen Auges sich verändere, und damit zugleich ein Theil des Gehirns, wodurch die Seele die Entfernung zu schätzen wisse [n]). Auch betrachtet er die Processus ciliares als Muskeln, welche die Figur der krystallenen Linse zu verändern dienen [o]). Weil bey etwas großen Entfernungen der Winkel der Augenaxen sich gar nicht merklich verändere, so könne man, saget er, gewöhnlich sich keine Entfernungen, die größer als 100 oder 200 Fuß sind, vorstellen. Darum schienen Sonne und Mond nur einen, höchstens zwey Fuß, groß zu seyn. Dieses entstünde nicht daher, weil wir sie uns nicht größer vorstellen könnten; denn Thürme oder Berge stelleten wir uns ja weit größer vor, sondern weil wir sie uns nicht weiter als etwa 200 Fuß entlegen zu seyn vorstellen könnten [p]).

Weiße oder helle Körper, saget er, stellet man sich immer etwas größer und näher vor, als sie sind. Denn der Stern im Auge wird, wenn man sie betrachtet, etwas verengert, wie bey Betrachtung naher Gegenstände, und daher wird eine Empfindung als von einer nahen Sache erreget. Ihr Bild im Auge ist auch größer, weil die benachbarten Nervenfäserchen an der Stelle, wo es hinfällt, von dem stärkern Lichte mit gerühret werden. Auch bemerket er, daß, wegen dieser Erschütterung der benachbarten Nervenfäserchen, Körper, deren Bilder im Auge klein sind, ihre Winkel verlieren [q]).

Descartes war auch der Meynung, daß die Ursache der farbichten Kreise, welche man bisweilen um eine Lichtflamme sieht, nicht in der Luft, sondern in einer besondern Verfassung des Auges zu suchen wäre. Hierauf ward er durch eine zufällige Beobachtung gebracht. Da er einmal eine ziemliche Zeit sein Haupt auf dem

k) Dioptr. pag. 68. und de homine, pag. 66 sqq. K.
l) de homine, p. 69.
m) ibid. p. 71.
n) Dioptr. p. 69.
o) de homine p. 62. 64.
p) Dioptr. p. 74.
q) Ibid.

den Arm gestützet, und dabey sein rechtes Auge mit der Hand geschlossen gehalten hatte, so sahe er, wie ihm Licht gebracht ward, und er dabey das rechte Auge öffnete, um die Flamme zwey Kreise von so schönen Farben, als er nur jemals an einem Regenbogen gesehen hatte. Der größere war auswärts roth, und inwendig blau; der kleinere war auswärts auch roth, aber inwendig weiß, und dieses bis zur Flamme hin. Da er das rechte Auge zuthat, verschwanden diese Kreise, erschienen aber wieder, wie er es öffnete und das linke zuschloß. Hieraus folgerte er, daß der Druck, welchen sein rechtes Auge gelitten hatte, es so verändert haben müßte, daß ein Theil der Lichtstrahlen von dem Bilde der Flamme abwärts gebrochen worden wäre; wiewohl er nicht unternimmt, die Erscheinung vollständig zu erklären [r]).

Vom Gassendi.

Gassendis Gedanken über das Sehen zeichnen sich nicht sonderlich aus. Er glaubte, Sonne und Mond schienen am Horizonte deswegen größer, weil, wegen des schwächern Lichtes, die Pupille sich erweitere. Man muß sich hierüber bey einem so großen Manne desto mehr wundern, da schon so viele ältere Optiker eine weit bessere Ursache angegeben haben. Ferner behauptete er, die Ursache, daß man mit zwey Augen nur einfach sieht, sey diese, daß man jedesmal nur ein Auge wirklich brauche, und das andere sich ausruhen lasse. Einen ähnlichen Einfall wird man in der letzten Periode dieser Geschichte vom de la Tour vorgebracht finden, der viele Wahrnehmungen zur Bestätigung desselben angeführet hat [s]).

Kirchers Versuch im Finstern zu sehen.

Man sieht aus Kirchern, daß man zu seiner Zeit noch einige der bekanntesten Ereignisse beym Sehen sehr unvollkommen verstanden hat. Ein gewisser Joseph Bonacursius behauptete in einer Unterredung über die Natur des Lichtes, er könne machen, daß einer im Finstern so deutlich wie im Lichte sehen sollte. So unglaublich dieses auch schien, so versuchte Kircher es doch; und fand zu seinem größten Erstaunen, daß dabey nichts übertrieben worden. Die Sache ist diese. In einem völlig verfinsterten Zimmer läßt man eine Oeffnung in einem Laden gegen die Sonne, die man mit dünnem Papiere bezieht. Auf dem Papiere entwirft man sich eine leichte Zeichnung. Nachdem man dieses Papier einige Zeit unverwandt betrachtet hat, verschließt man die Oeffnung, und nimmt ein weißes Papier. Dann, saget Kircher, wird man einen Kreis mit allerhand nach einander abwechselnden Farben erblicken, und endlich das in dem Fensterladen gezeichnete Bild, welches sowohl umgekehrt als auch bisweilen aufrecht erscheint. Diesen Versuch, der nichts weiter ist, als was man immer empfindet, wenn man erstlich eine helle Sache lange betrachtet hat, und darauf die Augen zuschließt, empfiehlt Kircher allen Naturkündigern sehr feyerlich zum Nachdenken; und folgert daraus, daß die Species des Lichtes, der Farben und der Bilder sich eben so zum Auge verhalten, wie das Licht zum Bolognesischen Steine, der das Licht, welches er eingesogen, auch eine Zeitlang behält. Er stellet sich auch vor, daß das Bild im Auge durch die krystallene Linse im Finstern auf das Papier strahle [t]).

Vierter

r) Ibid. p. 190.
s) Gassendi opera, vol. 2. p. 395.
t) Ars magna, p. 162.

Vierter Abschnitt.

Erfindungen optischer Werkzeuge.

Nachdem Kepler die Theorie der Fernröhre untersuchet, und Scheiner seine Entwürfe ausgeführet hatte, wie in der vorhergehenden Periode erzählet ist, fuhr man zwar fort, der Sache, die damals neu und interessant war, nachzudenken; allein man machete eher keine Verbesserungen von Wichtigkeit, als bis nach dem Zeitraume, mit dem wir uns jetzt beschäfftigen.

Heliostop.

Was ich noch von Scheinern, in Absicht auf optische Instrumente, zu erwähnen habe, betrifft nur seine Erfindung, das Bild der Sonnenscheibe mit allen ihren Flecken, vermittelst eines Telesfkops, in einem verfinsterten Zimmer darzustellen. Das verfinsterte Zimmer, und den Gebrauch desselben zur Abbildung äußerer Gegenstände, hat man zwar dem Porta zu danken; aber er kannte das Fernrohr noch nicht, und wenn er es auch gekannt hat, fiel er doch nicht auf die sinnreiche Anwendung desselben. Sie besteht in weiter nichts, als darinn, daß man ein Fernrohr nach der Sonne zu richtet, worauf der Beobachter entweder dadurch sieht, und das Bild mit seinem Auge auffängt; oder man verändert die Stellung der Gläser [a]) ein wenig, und fängt das Bild auf einem weißen Bogen Papier auf. Alsdenn können viele Personen zugleich ganz gemächlich das Sonnenbild betrachten, das mit allen seinen Flecken, und den vorüber ziehenden Wolken, sich auf die schönste Art darstellet [b]).

So ungekünstelt auch diese Beobachtungsart ist, so mußte sie doch den ersten, die sie gebrauchet sahen, sehr wunderbar vorkommen. Sie erblicketen die Sonne so deutlich, wie in einem Spiegel, ohne einmal ihr Gesicht nach ihr wenden zu dürfen, und

a) Im Engl. focus.

b) Diese Maschine heißt das Heliostop. Man zieht ein astronomisches oder holländisches Fernrohr etwas weiter aus einander als man es brauchet, dadurch zu sehen. Dieses richtet man gegen die Sonne, und fängt das Sonnenbild, das so entsteht, mit einer Ebene in einem dunkeln Orte auf: es sey nun, daß man ein Zimmer zu dieser Absicht verfinstert, oder daß man nur das Fernrohr in ein dunkles Behältniß stecket, welches statt des Bodens, Papier in Oel getränkt, oder ein matt geschliffenes Glas hat, darauf sich die Sonne abbildet. Dieses ist die genauere Beschreibung, welche Hr. Hofr. Kästner in seinen astron. Samml. 2 Th. S. 362. giebt. Scheiner hat sich dieser Maschine zur Beobachtung der Sonnenflecken bedienet, und dabey das holländische brauchen müssen, weil damals kein anderes bekannt war. Er hat den Gebrauch derselben in der Rosa vrsina, dem Buche, worinne er seine Entdeckungen von den Sonnenflecken weitläuftig vorträgt, beschrieben. Itzt nimmt man lieber das astronomische Fernrohr zu dieser Maschine. Hr Kästner hat die Theorie des Heliostops in einer Anmerkung zu Smiths Lehrbegriffe der Optik, S. 343. und die Berechnung der Größe des Bildes in den Astron. Samml. a. a. O. vorgetragen. An jenem Orte führet er noch folgende Schriftsteller über das Helioskop an: Hevel Selenogr. proleg. Rost im astron. Handb. Hertel vom Glasschl. und Leutmann in den Anm. vom Glasschl. K.

und ohne ihren Augen Schaden zu thun. Kircher stellet in seiner Beschreibung dieser Anstalt den Zuschauer als ganz in Erstaunen versenket vor [c]).

Selbst der vornehmste in diesem Zeitraume, **Descartes**, gab sich zwar um die Teleskope viel Mühe; scheint aber doch kein anderes als das Galileanische gekannt zu haben. Vielleicht war er mit seinen eigenen Entwürfen und Erfindungen so beschäfftiget, daß er Keplers Werke nicht gelesen hat, darinn doch verschiedene neue Einrichtungen vorgeschlagen werden; oder er war gegen diese Verbesserungen, und ihre Ausführung, durch Scheinern und andere, unachtsam.

Descartes will elliptische und hyperbolische Gläser brauchen.

Weil er fand, daß Linsen mit Kugelflächen die Parallelstrahlen mit der Axe nicht in einen Punkt genau vereinigen, so suchete er bequemere Figuren zu dieser Absicht, und bewies geometrisch, daß insbesondere die Ellipse und Hyperbel hierzu dienlich wären [d]). Er vermochte auch einige Künstler, hyperbelförmige Gläser zu schleifen. Aber man findet nicht, daß das Unternehmen gerathen sey. Hätten sie die Figur auch noch so gut getroffen, so half es doch nichts, weil die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen, welche Newton entdecket hat, eine weit größere Zerstreuung der Strahlen, als die Figur des Glases verursachet. Und wenn gleich die mit der Axe parallelen Strahlen durch ein ellipsen- oder hyperbelförmiges Glas besser in einen Punkt zusammengebracht werden, so sind sie doch, wie Montucla bemerket, in Absicht auf die Strahlen, die von Punkten außer der Axe herkommen, nicht so gut, wie die kugelförmigen Linsen, deren Krümmung allenthalben dieselbe ist, da sie an der Ellipse und Hyperbel in jedem Punkte anders wird [e]).

Kircher und Schott von den Archimedischen Brennspiegeln.

Zu den Zeiten des Descartes und noch etwas früher, nachdem man sich sehr viel mit Teleskopen, und andern optischen Instrumenten beschäfftiget hatte, fieng man auch an, die Möglichkeit der Erzählung, daß Archimedes die römische Flotte durch Brennspiegel angezündet haben soll, zu untersuchen. Man sahe gleich ein, daß die Brennweite eines Hohlspiegels viel zu klein hierzu ist; also ward die Geschichte durchgehends für erdichtet gehalten, wie sie denn auch Descartes für eine Fabel erkläret. **Kircher** aber, und sein Schüler, **Schott**, hielten die Sache einer genauern Untersuchung werth, besonders weil Proklus eine Flotte vor Constantinopel auf dieselbe Art zu Grunde gerichtet haben soll. Ohne sich mit bloßen Vernunftschlüssen zu begnügen, wollte Kircher sich durch Versuche, deren er sehr viele anstellete, von der Möglichkeit oder Unmöglichkeit der erzählten Wirkungen überzeugen. Zuerst glaubete er, daß man sie durch parabolische Spiegel, wenn man sie auf oben erzählte Art zu einander stellete, erhalten könnte. Es glückete zwar

c) Ars magna, p. 7. (Es ist zwar eine Kleinigkeit, doch erinnere ich, daß bey Kirchern das Erstaunen auf die Sonnenflecken geht. K.)

d) Dioptr. cap. 8. (Er zeiget, daß, wenn man das Verhältniß der großen Axe einer Ellipse zu der Entfernung der Brennpunkte dem Verhältnisse der Brechung aus Luft in Glas gleich nimmt, alsdenn die Strahlen, welche parallel mit der Axe auf das gläserne elliptische Sphäroid fallen, nach dem entferntern Brennpunkte hin gebrochen werden. Die Hyperbel hat, wie er auch zeiget, eine ähnliche Eigenschaft. K.)

e) Montucla vol. 2. p. 201. (Descartes bemerket dies auch. Dioptr. p. 99. K.)

zwar nicht; doch gab ihm sein erfinderischer Geist verschiedene andere Mittel an, bis er endlich eine Zusammensetzung ebener Spiegel versuchete.

Kirchers Brennspiegel aus ebenen Spiegeln.

Er errichtete ein Gerüste, darauf er fünf dergleichen Spiegel, von gleicher Größe, in einer solchen Lage stellete, daß sie die Strahlen auf einen einzigen Fleck warfen, der über hundert Fuß entfernet war. Diese wenigen Spiegel brachten daselbst schon eine solche Hitze hervor, daß er nicht zweifelte, er würde, mit einer größern Anzahl, brennbare Materien in einer noch größern Entfernung anzünden können *f*). Eine Zeichnung dieser Maschine findet man beym Kircher, Ars magna, p. 888, tab. 31.

Dieser unermüdete Naturforscher war so begierig, in dieser Sache auf den Grund zu kommen, daß er, nach diesen Versuchen, in Gesellschaft mit Schotten eine Reise nach Syrakus that, um den Ort der Begebenheit selbst in Augenschein zu nehmen. Beyde waren der Meynung, daß die Galeeren des Marcellus nicht über 30 Schritt vom Archimedes entfernet gewesen seyn könnten *g*).

Desgleichen von Büffon.

Von Büffon fiel, ohne zu wissen, was Kircher schon vor ihm gethan hatte, auf dieselbe Erfindung, in der Ferne zu zünden. Im J. 1747 verfertigte er eine Maschine mit 400 Planspiegeln, deren jeder ohngefähr einen halben Quadratfuß groß war, und konnte damit Bley und Zinn in einer Weite von ohngefähr 140 Fuß schmelzen, und in einer weit größeren Holz anzünden *h*).

Courtivrons Berechnungen.

Der Marquis von Courtivron gab sich die Mühe über die Wirkung der Büffonschen Maschine, in Vergleichung mit einem sphärischen Brennspiegel, eine Berechnung anzustellen; und fand, daß die Menge des Lichts, welche von dem letztern zurückgeworfen wird, sich zu der Menge des Lichts, welche eine gleich große Oberfläche der erstern auf dieselbe Stelle wirft, sich wie 314 zu $247\frac{1}{2}$ verhält, oder daß die Wirkung des Planspiegels ohngefähr um $\frac{2}{9}$ kleiner ist als des sphärischen *i*).

Hofmanns irrige Vorstellungen.

Dr. Hofmanns, nachdem er von der Einrichtung und Wirkung einiger parabolischer Brennspiegel, die **Hösen** in Dresden gemachet hat *k*), und welche nachher **Gärtner** etwas verändert hat, eine Nachricht gegeben, nimmt noch im Jahre 1768 die Meynung an, daß Archimedes sich wohl eben solcher bedienet haben möchte.

f) Philos. transact. vol. 48. p. 622. (in Parsons Anmerkungen über Kirchers Meynung, die Verbrennung der Römischen Flotte durch Archimedes betreffend. K.)

g) Phil. tr. p. 625. (Eigentlich und bloß dieser Beschäfftigung wegen sind sie nicht hingereiset. Schotti mag. vniu. p. 417. 418. Er handelt daselbst umständlich von dieser Sache, und hält es fürs wahrscheinlichste, daß Archimedes sich zweyer parabolischer Spiegel bedienet habe. K.)

h) Montucla, vol. I. p. 246. (Die Maschine hatte 168 Glasspiegel. Das übrige ist auch unrichtig vom Montucla angeführt, wenigstens aus dem Mémoire des Jahrganges von 1747. p. 92. in 4. K.)

i) Mem. de l'acad. des sc. 1747. p. 449. in 4. (Das angegebene Verhältniß ist nur in einem einzigen Falle richtig. Der Marquis zeiget, daß beyde Wirkungen sich desto näher kommen, je größer die Entfernung des Brennpunktes ist. K.)

k) Man findet von diesen Spiegeln Nachrichten in dem alten hamburgischen Magazine, 5ter Band. S. 269. 14ter B. S. 563. 16ter B. S. 313. K.

Denn eine Parabel, deren Parameter 2000 Fuß, könne leicht gezeichnet werden, und es wäre ja wohl möglich, daß die von einem solchen Spiegel zurückgeworfenen Strahlen von einem Linsenglase nach ihrer Vereinigung aufgefangen und parallel auf jede beliebige Weite fortgeschicket werden könnten, wiewohl man doch auf den Umstand, daß das Glas schmelzbar sey, Acht haben müsse l). Er hat nicht bemerket, daß Kepler und Dechales, wie oben angeführet ist, die Unmöglichkeit dieser Wirkung gezeiget haben.

Zauberlaterne. Wenn gleich Kirchers Brechungstafeln durch nähere Entdeckungen und bessere Beobachtungen bald unnütze gemachet sind, so ist man ihm doch noch heutiges Tages für die artige Erfindung der Zauberlaterne, und für einige andere optische Belustigungen, Dank schuldig. Die Zauberlaterne insbesondere kann Kindern und Leuten, die keine optische Kenntnisse besitzen, ja selbst Naturkündigern in einer Erhohlungsstunde, soviel Vergnügen machen, daß sie wohl verdienet, hier beschrieben zu werden.

fig. 29. Sie bestehet aus zwey Linsengläsern CD, EF, die in eine verschlossene Laterne nebst dem Lichte A, gesetzet werden. Das auf Glas gemalte Bild, GH, ist zwischen den beyden Gläsern befindlich. Das Glas CD, dienet dazu, ein starkes Licht auf das Gemälde zu werfen. Das zweyte Glas, EF, bringt die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gemäldes herkommen, in einem Punkte, wie bey I oder K, wieder zusammen. Ist nun daselbst eine weiße Wand, so bildet sich die Zeichnung GH darauf mit ihren Farben lebhaft ab. Die Linse EF pfleget in eine bewegliche Röhre gestecket zu werden, damit man das Bild des Gemäldes auf jede beliebige Entfernung entwerfen könne. Bisweilen wird auch ein Hohlspiegel, MN, hinter das Licht gestellet, damit noch mehr Licht auf das Gemälde GH fallen, und das Bild auf der Wand desto lebhafter werden möge m).

Kirchers eigene Zeichnungen, worunter einige recht saubere sind, findet man in seiner Ars magna lucis et umbrae, p. 768. 769 n). Man sieht daraus, daß der Erfinder schon die Schieber mit den darauf gemalten Bildern, wie man sie gegenwärtig brauchet, gehabt hat. Doch sieht man auch daraus, daß Kircher bey allem seinem Witze, den er gewiß in reichlichem Maaße besaß, doch nicht die Kunst verstand,

l) Philos. trans. vol. 59. p. 4.

m) Gewöhnlicher nimmt man statt des einen Glases, EF, zwey. Das erste derselben schicket die Strahlen so auf das zweyte, als wenn sie von einer entlegenern Sache kämen, als es das Gemälde GH ist. s' Gravesand Elem. phys. vol. 2. p. 873. Kästners Lehrbegriff. S. 347. K.

n) In der ersten oben angeführten Ausgabe des Kircherschen Werkes, findet man noch nichts davon. Er führet daselbst, p. 915, nur dieses an, daß man auf einen Hohlspiegel ein Gemälde machen, und dieses vermittelst eines davor gestellten Lichtes und Glases auf eine Wand in einem dunkeln Orte werfen könne, wovon er sich zur Bekehrung der Gottlosen, wenn man den Teufel aufs Gemälde brächte, viel verspricht. Es ist aber noch eine andere Ausgabe des Kircherschen Werkes, zu Amsterdam 1671, herausgekommen. Die Seitenzahlen sind in dieser Uebersetzung nach der Römischen Ausgabe angegeben — Schott erwähnet in der Magia vniversali der Zauberlaterne noch nicht. K.

verstand, seine Lampe ohne Rauch brennen zu machen; wiewohl es aber auch möglich ist, daß der Zeichner, um seine Geschicklichkeit zu zeigen, den Rauch vergrößert hat.

Zu den optischen Belustigungen, die Kircher entweder erfand, oder verbesserte, gehöret das Kunststück, Bilder von Buchstaben oder andern Dingen, in einem verfinsterten Behältnisse, von außen herein, vermittelst eines Planspiegels und eines Linsenglases, zu entwerfen. Eine Zeichnung davon findet man beym Schott, S. 429.

Kircher war auch in die Kunst, Sonnenuhren zu machen, sehr verliebt, und gab darinne mancherley sinnreiche Erfindungen an, z. E. wie man auf verschiedene Arten, durch die Zurückstrahlung Sonnenzeiger an solchen Orten anbringen könne, dahin die Sonne nicht scheint. Dergleichen Einfälle hatte er viel, damit er sich und seine Freunde sehr belustigte. Er hat sie in seiner Ars magna beschrieben und abgebildet.

Zusatz des Uebersetzers.

Die Erfahrungen des Herrn von Büffon, welche er mit seinem aus ebenen Spiegeln zusammengesetzten Brennspiegel gemachet hat, verdienen umständlicher angeführt zu werden. Die erste Nachricht davon hat er in den Mem. de l' acad. des sc. 1747. p. 82. in 4. gegeben. Die Maschine bestand aus 168 foliirten ebenen Glasspiegeln, sechs Zoll hoch, acht Zoll breit, deren jeder sich für sich allein bewegen ließ. Im Ganzen war sie 7 Fuß breit und 8 Fuß hoch. Man brauchte etwa eine halbe Stunde Zeit, die Spiegel auf eine gewisse Entfernung zu richten.

Bey dem ersten Versuche den 23. März 1747., da die Maschine nicht einmal ganz fertig war, und keine gute Lage gegen die Sonnenstrahlen hatte, zündete von Büffon mit 40 Spiegeln, in der Entfernung von 66 Fuß, ein getheertes büchenes Brett an. — Den 4. April um 11 Uhr Morgens brachte er, bey schwachem Sonnenscheine mit 150. Spiegeln, in einer Entfernung von 150 Fuß, eine solche Hitze hervor, daß in weniger als zwey Minuten ein getheertes Brett zu rauchen anfieng, und gewiß in Brand gerathen seyn würde, wenn die Sonne sich nicht plötzlich verkrochen hätte. — Den 10. April Nachmittags, bey hellem Sonnenscheine, ward ein getheertes tannenes Brett, in der Entfernung von 150 Fuß, mit 128 Spiegeln fast augenblicklich angezündet. — In einer Entfernung von 20 Fuß, ward mit 45 Spiegeln eine große zinnerne Flasche, und mit 117 Spiegeln wurden kleine Stücke Silber geschmolzen; eine Platte Eisenblech ward glühend gemacht.

Von Büffon zeiget den vielfachen Nutzen, den ein solcher Brennspiegel hat, als, daß man damit von oben herunter zünden und schmelzen; daß man ihn zum Maaßstabe der Hitze brauchen kann; außerdem, daß er das einzige Mittel ist, in großen Weiten zu zünden.

Die Ursache warum man mit einem einzigen Brennspiegel, er mag von einer Form seyn, welche sie wolle, auf große Entfernungen nicht reichen könne, giebt

Büffon ganz richtig an. Man muß, saget er, nicht bloß diejenigen Strahlen betrachten, welche von einem einzigen Punkte der Sonne, etwa ihrem Mittelpunkte herkommen; sondern, weil der Sonnenkörper unter einem Winkel von 32 Min. gesehen wird, so wird das Bild der Sonne, im Brennpunkte des Spiegels, einen Raum einnehmen, dessen Durchmesser die Chorde eines Winkels von 32. Min. am Spiegel ist. Je größer also die Brennweite wird, desto größer wird auch der Brennraum, welchen die von allen Punkten der Sonne herkommenden Strahlen nach der Zurückwerfung einnehmen. Man muß deswegen, da sie sich so viel mehr verbreiten, die Fläche des Spiegels in demselben Verhältnisse vergrößern, in welchem der Brennraum größer wird. Z. E. der große Brennspiegel der Akademie, der drey Fuß zur Chorde hat, hat einen Brennraum, ohngefähr 4 Lin. groß. Wollte man einen Brennspiegel machen, der auf 240 Fuß, wo der Brennraum etwa (etwas über) 2 Fuß breit ist, gleiche Wirkung thäte, so müßte man ihm 216 Fuß zur Chorde geben. Jener Brennspiegel schmilzt freylich Gold. Von Büffon verringerte durch aufgelegtes Papier seine Breite, bis auf 4 Zoll, 8 bis 9 Lin. Nun konnte er nicht mehr trockenes Holz damit anzünden. Gesetzt, daß der Brennspiegel bey einer Breite von 5 Zoll Holz anzünden könne, so muß ein Brennspiegel, der diese Wirkung in einer Entfernung von 240 Fuß thun sollte, doch noch 30 Fuß breit seyn. Diese Betrachtungen machten den Hrn von Büffon, wegen der Möglichkeit seines Entwurfes mit mehrerern Planspiegeln zu zünden, zweifelhaft. Er bedachte aber, daß ein größerer Brennraum mehr leisten müßte, als ein kleinerer, bey gleicher Dichte der Strahlen, weil die Hitze in dem kleineren sich den benachbarten Theilen der zu schmelzenden oder zu zündenden Sache mittheilet, welche von dem größern Brennraume zugleich mit erhitzet werden. Er fand auch seine Gedanken durch die Erfahrung bestätiget.

In dem Jahrgange der Pariser Akademie von 1748. kömmt wieder ein Aufsatz des Hrn von Büffon über verschiedene von ihm erfundene Arten von Brennspiegeln vor. Von dem in dem vorhergehenden Jahrgange beschriebenen erzählet er, daß er damit Holz auf 200 Fuß angezündet, Zinn auf 150 Fuß, Bley auf 130., und Silber auf 60 Fuß geschmolzen habe. Er habe in den Jahren 1749. und 1750 eine Maschine von 360 Spiegeln, 4 Zoll im Quadrat, machen lassen, die aber zu unbehülflich gewesen sey. Hierauf erzählet er einige Entwürfe zu andern Arten großer Brennspiegel, und die Proben zu ihrer Ausführung. Er hat Spiegelglas rund schneiden und in der Mitte durchbohren lassen, und es darauf durch eine Schraube gekrümmt. Nach mehrmaliger Wiederholung des Versuches sind ihm aber doch seine besten Gläser gesprungen. Er schlägt deswegen eine Anstalt vor, sie durch den Druck der Luft zu krümmen. — Weil er durch die Erfahrung gefunden, daß foliirte Glasplatten, wenn sie recht wohl poliret sind, mehr Licht zurückwerfen, als metallene Spiegel, deren Zusammensetzung und Politur noch so gut ist, so, saget er, habe er auf Mittel gedacht, großen Glasplatten eine ordentliche Krümmung zu geben, und endlich einen Ofen erfunden, in dem er dieses bewerkstelligen könnte. Darauf redet er von großen Brenngläsern, die aus zwey solchen gekrümmten Glas-

platten

platten zusammengesetzet, und in der Mitte dazwischen Wasser enthalten sollten — Weil man in Frankreich dem Glase weder die Dicke, noch die Durchsichtigkeit zu geben wisse, die man in Deutschland ihm zu geben verstehe, so habe er die Mittel zu beyden gesuchet und gefunden, und arbeite an einem Linsenglase, 26 Zoll breit, 3 Zoll dick und 5 Fuß Brennweite. — Endlich erkläret er eine Methode, die Dicke der Linsen zu vermindern, ohne ihre Breite und Brennweite merklich zu verändern, die aber wohl zu künstlich seyn mag.

Der Aufsatz des Marquis von **Courtivron**, in dem Jahrgange 1747. pag. 449. in 4. enthält eine schöne Anwendung der Integralrechnung auf die Optik, wenn gleich der Vortrag sowohl der Rechnung als der Schlüsse etwas netter seyn könnte. Er summiret erstlich die Menge der Strahlen, welche von einem ebenen kreisrunden Spiegel, auf eine ihr parallele kreisrunde Ebene geworfen werden, und vergleicht sie darauf mit der Strahlenmenge, welche ein Hohlspiegel auf eben diese Ebene, die in seinem Brennpunkte befindlich ist, sendet. Die Lichtmenge, welche von dem Planspiegel auf einen einzelnen Punkt der auffangenden Ebene fällt, wird leicht gefunden, wenn man von diesem Punkte eine senkrechte auf den Spiegel zieht, sie verlängert, bis sie der Entfernung des Punktes vom Spiegel gleich ist, den Endpunkt zur Spitze eines Kegels annimmt, dessen Grundfläche der Spiegel ist, und ihn bis an die Sonne hinlaufen läßt, wo er denjenigen Theil ihrer Scheibe abschneidet, der die Strahlen zur Erleuchtung jenes Punktes hergiebt. Die Resultate der Rechnung, welche der Marquis anstellet, sind nicht zuverläßig, weil theils ganz am Ende der Rechnung, theils auch in den Beyspielen ein Fehler begangen ist.

Es giebt aber bey dieser Vergleichung einen Fall, den Courtivron nicht berühret, und der doch, ohne daß man Integralrechnung brauchet, zur Erreichung der Absicht hinlänglich ist. Es ist dieser.

Die Breite des Hohlspiegels sey die Chorde eines Winkels von 32 Min. am Mittelpunkte der Kugelfläche, so ist der Brennraum halb so breit als der Spiegel, und die Dichte des Lichtes ist nur viermal so groß, als des einfachen Sonnenlichtes. Ein ebener Spiegel, so breit als der Hohlspiegel, erleuchtet diesen Brennraum in allen Punkten gleichförmig, mit dem einfachen Lichte der Sonne. Der Hohlspiegel thut hier also nur viermal so viel Wirkung als der ebene. Seine Brennweite ist 53 bis 54mal so groß, als seine hier angenommene Breite. Von Courtivron setzet in einer Weite von 50 Fuß bey einem Brennspiegel von 1 Fuß Chorde, das Verhältniß der Wirkungen, 3·4 zu 184, aus einem gedoppelten Rechnungsfehler.

Nun wird man freylich einem Brennspiegel einen größern Bogen, als den von 32 M. geben, oder, man wird auf 54 Fuß nicht mit einem Spiegel von 1 Fuß Chorde zünden wollen. Allein, aus dem betrachteten Falle läßt sich die Größe abnehmen, die der Spiegel haben muß, um in dem Brennraume eine gewisse gegebene Dichte des Lichtes hervor zu bringen, allen Verlust beym Zurückwerfen nicht gerechnet. Der Spiegel, der auf 54 Fuß, bey einer Chorde von 1 Fuß, das Sonnenlicht viermal verdichtet, muß 5 Fuß in der Chorde haben, um es nur hundertmal zu verdichten; daß man also mit 100 Planspiegeln eben so viel ausrichten kann, als

als mit einem so großen Kugelspiegel. Hieraus läßt sich also die große Schwierigkeit, wo nicht Unmöglichkeit, einsehen, mit einem einzigen Brennspiegel auf noch größere Entfernungen zu zünden. Man sehe auch nach Mart. Knutzens math. Abhandl. von den Brennspiegeln des Archimedes. Königsb. 1747.

Ich ergreife diese Gelegenheit, eine Regel zur Berechnung der Dichte des Lichtes in dem Brennraume eines gegebenen Brennspiegels vorzutragen, welche mir bey andern noch nicht vorgekommen ist, und worüber Büffon noch erst die Erfahrung jedesmal durch seinen zusammengesetzten Spiegel befragen will. Sie ist in dem vorgetragenen schon enthalten. Nämlich, man nehme den 54sten Theil der Brennweite, quadrire denselben, und dividire das Quadrat der Chorde dadurch, multiplicire den Quotienten durch 4, so hat man die Zahl, wie vielmal das Licht in dem Brennraume stärker ist als das einfache Sonnenlicht, ohne den Verlust beym Zurückwerfen zu rechnen. Z. E. der obengedachte Pariser Brennspiegel muß 3 Fuß Brennweite haben, weil die Weite des Brennraumes 4 Lin. ist. Weil er auch 3 Fuß in der Chorde hält, so ist die Dichte des Lichtes im Brennraume 11664.

Fünfter Abschnitt.

Vermischte Bemerkungen, und Versuche.

Cartesianische Theorie.

Unter den vermischten Materien, die in diesen Zeitraum gehören, verdienet die Cartesianische Theorie des Lichtes angeführt zu werden, und wenn es auch nur wegen ihrer Neuheit und Sonderbarkeit wäre. So sehr unterscheidet sie sich von allen ältern Theorien. Nach dem Descartes ist das Licht weder eine Substanz, wie Epikurus und einige andere annehmen; noch eine bloße Eigenschaft der Körper, wie Aristoteles behauptete: sondern die Bewegung eines feinen flüßigen Wesens, die durch den Druck eines leuchtenden Körpers entsteht. Weil dieser Philosoph voraussetzte, daß es in der Welt keinen leeren Raum gäbe, so folgte daraus nothwendig, daß das Licht in einem Augenblicke fortgepflanzet wird; und, zur Erläuterung dieses Satzes, vergleicht er die Fortpflanzung des Lichtes mit der Bewegung, welche einem Stabe der ganzen Länge nach mitgetheilet wird, sobald man das eine Ende desselben fortstößt [a]).

Wenn das Licht nur in einer Bewegung besteht, die einem flüßigen Wesen mitgetheilet wird, so folgte daraus nicht, daß nicht auch das Auge, so gut wie ein leuchtender Körper, diese Bewegung erregen könne. Wenn also Descartes gleich überhaupt annimmt, daß das Sehen durch etwas von außenher bewerkstelliget werde, so giebt er doch auch Ausnahmen von dieser Regel zu, und sieht es für möglich an, daß Menschen, wie Katzen, im Finstern sehen können [b]).

Ungeachtet

a) Dioptr. p. 42.

b) Ibid. p. 43.

Ungeachtet Descartes eine augenblickliche Fortpflanzung des Lichtes lehrete, so nahm er doch zur Erklärung der Strahlenbrechung, eine verschiedene Geschwindigkeit des Lichtes in verschiedenen Mitteln an. Das Licht sollte sich in dem dichtern Mittel geschwinder bewegen, als in dem dünnern. Seine Ursache ist besonders erdacht. Das Licht soll in dem dünnern Mittel mehr Widerstand antreffen, weil die Theile desselben beweglicher sind, und nicht so sehr an einander hängen, wie in einem dichtern Mittel, in welchem das Licht deswegen nicht so leicht von seiner Richtung abweichen kann. Die Cartesianische Hypothese hat sich sehr lange erhalten, so wenig sich auch der Einwurf gegen sie heben läßt: daß nach ihr das Licht dem Schalle ähnlich seyn würde, der sich nach allen Seiten herum ausbreitet, und in seinem Fortgange nicht, wie das Licht, durch einen vorliegenden Körper aufgehalten werden kann. Cartesens Nachfolger verbesserten seine Theorie ein wenig, aber ohne diese Hauptschwierigkeit zu heben.

Malebranches und Huygens Gedanken.

Anstatt der vollkommen harten Kügelchen, woraus Descartes das Licht bestehen ließ, setzte **Malebranche** kleine flüßige Wirbel, deren jeder den empfangenen Eindruck an den nächstliegenden mittheilen sollte; daß also das Licht noch immer auf eine ähnliche Art wie der Schall fortgepflanzt wird c). Die spätern Cartesianer nahmen überhaupt durchgehends an, daß das Fluidum, wodurch das Licht fortgepflanzet wird, elastisch sey; und **Huygens** that noch die besondere Bestimmung zu der Cartesianischen Theorie hinzu, daß er den Lichtwellen keine kreisförmige sondern eine elliptische Figur gab. Durch diese Voraussetzung suchet er die Erscheinungen an dem Isländischen Krystalle zu erklären d).

Wie Descartes die Farben erkläret.

Kein Wunder, daß bey dieser Vorstellung von der Natur des Lichtes Descartes in Verlegenheit, bey Erklärung der Farben, gerathen mußte. Aber seine Unwissenheit zu gestehen, war er noch weniger, als die alten Philosophen, geneigt. Lieber also, als nichts darüber zu sagen, gab er dem Lichte zweyerley Bewegungen, eine geradelinichte und eine drehende. Wenn diese letztere stärker als jene ist, so soll die rothe Farbe entstehen; wenn die erstere aber stärker ist, die blaue; und wenn beyde Bewegungen gleich sind, die gelbe. Aus diesen dreyen hatte man schon längst nach Maaßgabe der unterschiedlichen Mischung, alle übrigen Farben zusammengesetzet.

So sehr auch Descartes in seinen Vorstellungen von Licht und Farben irrete, so machet er doch einen richtigen Unterschied zwischen **Schwarz** und **Weiß**, und bemerket, daß jenes die auffallenden Strahlen ersticket oder auslöscht, da dieses hingegen sie zurück wirft e). Er ist der erste, bey dem ich diese vernünftige Erklärung antreffe. **Kepler**, der sich ebenfalls über diese Sache erkläret, hält dafür, daß der Grund, warum schwarze Körper eher heiß werden, als weiße, nicht in der Verschiedenheit

c) Mem. de l' Acad. des sc. 1699. H. p. 29. M. p. 41.
d) Hugenii Opera, vol. 3. p. 46.
e) Dioptr. p. 46. (Er setzet noch hinzu, was die Strahlen unverändert zurückschicken, sey weiß, was aber eine Veränderung beym Zurückwerfen in ihnen hervorbringe, sey roth, gelb, blau, u. s. w. K.)

schiedenheit der Farbe liege, sondern darinne, daß schwarze Substanzen trockener und brennbarer sind, (ariditatem et adustionem sapiunt) f).

So deutlich waren aber nicht alle seine Vorstellungen, die Farben betreffend. Da er sich das Licht als eine Bewegung eines flüßigen Wesens vorstellet, auf welche Art es viel Aehnlichkeit mit dem Schalle hat, so vergleicht er die Wirkung der dem Auge so angenehmen grünen Farbe mit der Octave in der Musik g).

Gassendis Versuch mit dem Sonnenschatten.

Gassendis Gedanken vom Lichte und der Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizonte sind vorher angeführet worden. Dennoch behauptete er, und wollte es durch Versuche beweisen, daß, ungeachtet die Sonne am Horizonte größer scheint, der Schatten einer Sache alsdenn doch größer sey, als er es unter gleichen Umständen ist, wenn die Sonne höher steht. Weil er sich viel Mühe mit diesem Versuche machete, so will ich seine Beschreibung nebst der Figur, die zur Erläuterung dienet, hier mittheilen. (fig. 24.) Es ist IH ein starkes Brett, 24 Pariser Fuß lang, worauf zwey kleine Bretter, NI und RH, jedes etwa einen halben Fuß hoch, senkrecht gestellet sind. Die Maschine ward so gestellt, daß sie den Sonnenstrahlen genau parallel war h). Der Schatten des vordern Brettes NI ward alsdenn auf dem hintern Brette aufgefangen, und daselbst bey einer Sonnenhöhe von 3 Grad, durch Messung 3 Zoll, 3, 6 Linien groß gefunden; bey der Höhe von 5 G. war er 3 Zoll 3 Linien; bey 8 Grad Höhe, 3 Zoll, 2, 8 Lin. und bey 15 Grad Höhe war er 3 Zoll 2, 4 Lin. Die Vergrößerung des Schattens Nachmittags stimmete mit der Abnahme Vormittags genau überein. Er machte dieselben Beobachtungen auch mit dem Mondenlichte, und wiederholete sie oft, ohne einen Unterschied der Resultate zu finden. Auch versichert er seine Freunde, daß es unmöglich sey, die Messungen mit größerer Sorgfalt und Vorsicht anzustellen. Er erkläret die Verlängerung des Schattens bey dem niedrigen Stande der Sonne daraus, daß der Durchmesser der Sonne durch die dicken Dünste in der Luft vergrößert werde, so daß die Strahlen, welche den obern Rand des Schattens begränzen, nicht von dem obersten Theile der Sonnenscheibe, sondern von einem etwas niedriger liegenden herkommen i).

Wären die Entfernungen der Sonne und des Mondes gegen den Halbmesser der Erde nicht so groß, so könnte man von Gassendis Beobachtung einen wichtigen Gebrauch machen. Denn weil ein Beobachter unter dem Aequator den Himmelskörpern um einen Halbmesser der Erde näher ist, wenn jene sich am Zenith befinden, als wenn sie am Horizonte stehen, so möchten sich ihre Entfernungen aus einer sol-

chen

f) Paralipomena, pag. 220. (Von den schwarzen Körpern, saget er, p. 28, werden weniger Strahlen zurückgeschicket; also mehr von ihnen verschluckt; daher wirke das Licht stärker auf sie. K.)

g) De homine, p. 66. (und mit dem Brode, das man zu den Speisen genießet, so wie die übrigen Farben mit den künstlichern Accorden eines musikalischen Stückes, oder mit den ausgesuchten Saucen eines Kochs, deren man aber ehe müder werde, als der einfachen Speisen. Die Stelle ist doch, wegen der sinnreichen Vergleichung der Farben und Töne, die Newton umständlich ausgeführet hat, merkwürdig. K.)

h) Oder vielmehr, daß die Linie nach dem untern Rande der Sonne zulief. K.

i) Gassendi Opera, vol. 3. p. 423.

chen Beobachtung herleiten lassen. Wiewohl es steht nicht zu erwarten, daß eine so ungewiß begränzte Sache, wie der Schatten, mit hinlänglicher Genauigkeit zu dieser Absicht gemessen werden könnte, selbst nicht beym Monde, der uns so viel näher als die Sonne ist. Und da Gassendi in beyderley Beobachtungen keinen Unterschied gefunden, so ist es sehr wahrscheinlich, daß er, ungeachtet er seine Aufmerksamkeit und Genauigkeit rühmet, doch einen Fehler begangen haben müsse [k]).

Kircher, dessen wir fast in jedem Abschnitte dieser Periode zu erwähnen Gelegenheit gehabt haben, darf in dieser ebenfalls nicht übergangen werden. Wie er zu Rom war, hatte er im J. 1639 die Gelegenheit, eine damals gemeine Sage vom Chamäleon zu untersuchen, nämlich, daß es die Farben aller nahen Sachen, nur nicht weiß und roth, annehmen könnte. Er fand dieses irrig. Denn da er das Thier auf ein sehr weißes Tuch setzete; so konnte man es kaum von dem Tuche unterscheiden; und wie er es auf ein grünes setzete, war es so grün, wie das Tuch selbst. Er schreibt diese Eigenschaft des Thieres der Einbildungskraft desselben zu, weil es nach dem Tode sie verliert [l]). Wirklich scheint die Haut des Chamäleon gewissermaßen einem Spiegel ähnlich zu seyn, welcher ohne Unterschied alles farbichte Licht, das auf ihn fällt, zurückwirft.

Kircher vom Chamäleon.

Kircher ist auch der erste, der die merkwürdigen Eigenschaften der Tinctur vom nephritischen Holze bemerkete, welche zu erklären man verschiedene Wege versuchet hat, bis daß Newton erst es auf eine hinlängliche Art that. Weil Kirchers Beobachtungen noch sehr unvollkommen sind, so verschiebe ich sie bis dahin, daß ich an die genauern Untersuchungen vom Boyle komme, da ich sie zur Einleitung anführen werde.

k) Gassendi hat sich nicht versehen. Der Unterschied der Breite des Schattens rühret von der Refraction her. Dieses bestätiget die Rechnung. Der Durchmesser der Sonne sey 32'. Dieser wird in der Höhe von 3 Gr. durch die Refraction um 1' 42" verkürzet, nach Bradleys Tafeln. Daraus finde ich die Höhe des Schattens auf dem Brette RH, 3 Zoll, 5,5 Lin. In einer Höhe von 15 Gr. beträgt die Verkürzung nur 6", woraus der Schatten 3 Zoll, 3, 9 Lin. hoch wird. Der Unterschied ist 1, 6 Lin. Nach Gassendi sind zwar die Höhen der Schatten etwas anders, aber der Unterschied ist doch fast derselbe, nämlich 1, 2 Lin. Es kann seyn, daß der Durchmesser der Sonne oder auch die Refraction etwas anders gewesen sind, als ich sie angenommen habe. Vielleicht hat auch Gassendi beym Messen, aber auf dieselbe Art jedesmal, gefehlet. Soviel erhellet aus der Rechnung, daß die Strahlenbrechung den Schatten verändert. Bey dem Monde kömmt noch eine Vergrößerung des Durchmessers wegen der Veränderung der Entfernung in den verschiedenen Höhen hinzu, die aber selbst vom Horizonte bis zum Zenith, nur zwischen 27 und 37 Sec. nach den verschiedenen Entfernungen des Mondes vom Mittelpunkte der Erde, beträgt. Allein man könnte die Entfernung des Mondes, wenn er uns auch noch so nahe wäre, aus der Gassendischen Beobachtung doch nicht finden, weil die Refraction sich mit einmischet. K.

l) Ars magna, p. 86. (Man wird hier einen kleinen Widerspruch wegen der Farben bemerken. K.)



Vierte Periode.

Optische Entdeckungen in dem Zeitraume vom Descartes bis zu Sir Isaak Newton.

Der Versuch, den Descartes machte, nach Art der Alten zu philosophiren, das ist, alle Naturbegebenheiten aus gewissen angenommenen Grundsätzen und Ursachen herzuleiten, und der große Beyfall, den er erhielt, drohete zwar, die vom Bacon so sehr empfohlene, und vom Galileus und andern so glücklich befolgte Methode, die Naturkräfte aus der Erfahrung kennen zu lernen, sehr bald wieder zu verbannen; aber ihre offenbare Vorzüglichkeit machete sie bey den Liebhabern einer gründlichen Wissenschaft, bald so allgemein beliebt, daß man von der Zeit an, weder das Cartesianische System, noch irgend ein ähnliches, unter den Naturforschern angenommen findet.

Kein Wunder war es übrigens, daß man jene Art zu philosophiren so ungerne fahren ließ. Sie lehrete, auf einem gar kurzen Wege alles zu erklären, und schmeichelte besonders dem Ehrgeize derjenigen, die als Häupter von Secten und als Stifter philosophischer Systeme zu glänzen suchten. Dabey muß man noch dieses bedenken. Die von uns jetzt eingesehene große Mannigfaltigkeit der Kräfte und Grundstoffe natürlicher Dinge, welche sich zwar vermuthlich in die größte Einförmigkeit und Einfachheit der ersten Ursachen auflösen lassen mag, ist eine Sache, welche den Alten ganz unbekannt war. Sie glaubeten immer einen Hauptschlüssel zu den Geheimnissen der Natur erhaschen zu können. Einer betrog sich nach dem andern, und doch argwohnete keiner, daß vielleicht kein Hauptschlüssel zu finden wäre, sondern man dachte nur darauf, einen andern Schlüssel zu versuchen. Endlich aber ward doch der demüthigere, langsamere und mühsamere Weg der Erfahrung von allen, welche Naturforscher seyn wollten, eingeschlagen. Wir machen uns anjetzt keine Hoffnung, die großen allgemeinen, und einfachen Gesetze der Natur anders entdecken zu können, als dadurch, daß wir ihnen durch ein fast endloses, aber höchst anmuthiges Labyrinth untergeordneter und besonderer Gesetze nachspüren.

Diese Grundsätze sind inzwischen so spät allgemein geworden, daß man die eigentliche Epoche der Experimental-Naturlehre erst in den Anfang der jetzt abzuhandelnden Periode setzen muß. Denn wirklich hat man nicht eher, als bis nach den Zeiten des Descartes, etwas von Wichtigkeit darinn geleistet. In den vorhergehenden Zeiten findet man die Gelehrten fast mit keinen andern Untersuchungen beschäfftiget, als solchen, die sie innerhalb der Wände ihres Studirzimmers vornehmen konnten, die mechanischen etwa ausgenommen; daß man also zwischen dem Naturkündiger und Mathematiker fast gar keinen Unterschied machete. Selbst in der Chymie findet man vor dieser Zeit wenig merkwürdiges, so groß auch die Menge

der

der chymischen Schriftsteller, und der Lärm ist, den sie mit ihren Processen machen. Sie hatten selten etwas anders, als die Hervorbringung gewisser Substanzen, hauptsächlich Apothekerwaaren, zum Endzwecke, nicht aber die Erforschung der Kräfte, wodurch sie hervorgebracht würden. Allein gleich mit der angegebenen merkwürdigen Epoche, fieng man mit einem Eifer, der nun schon über hundert Jahre angehalten hat, an, die Experimental-Naturlehre in vielen Ländern Europens zu treiben. Und da einzelne Personen ihre Kräfte zu manchen Untersuchungen, die mit Hülfe der Erfahrung gemachet werden mußten, nicht stark genug fanden, so vereinigten sie sich in Gesellschaften, um die Kenntniß der Natur desto leichter und geschwinder zu befördern.

Stiftung der Akademie del Cimento.

Die erste dieser Gesellschaften ward in Italien errichtet, einem Lande, darinn alle Zweige feiner und nützlicher Kenntnisse wieder aufgeblühet sind. Der Stifter war der Großherzog von Toscana, Leopold, im J. 1657. Die Mitglieder dieser berühmten Gesellschaft, welche die Academia del Cimento hieß, waren sehr eifrig, in allen Theilen der Naturlehre Versuche zu machen, und wurden darinn von ihrem großmüthigen Beschützer aufs beste unterstützet. Sie vergaßen auch die Erscheinungen des Lichtes nicht gänzlich, ob man gleich sehen wird, daß ihre Versuche darüber nur eine bloße Anzeige verdienen. Diese würdige Gesellschaft bestand nicht lange, die erste und letzte Ausgabe ihrer Versuche kam im Jahre 1667 heraus [a]).

Der englischen und französischen Akademien.

Die zweyte Gesellschaft dieser Art entstand in England, und zwar aus den Privatversammlungen einiger weniger Gelehrten zu Oxford, nach geendigtem bürgerlichen Kriege. Sie ward von Karl II. als eine öffentliche Gesellschaft im J. 1660 bestätiget. Die dritte, in diesem Zeitraum gestiftete und merkwürdige naturforschende Gesellschaft ist nur noch die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Paris, welche vom Ludwig XIV. im J. 1666 gestiftet, und im J. 1699 erneuert und verbessert ist. Diese zwey Gesellschaften bestehen noch, und unterlassen nicht, jährlich ihre Beobachtungen und Entdeckungen herauszugeben, die jetzt auf sehr viele Bände angewachsen sind, darinn ein großer Schatz mathematischer und physikalischer Wahrheiten stecket.

Berühmteste Namen dieses Zeitalters.

Diejenigen meiner Leser, welche mit der Geschichte der Physik überhaupt bekannt sind, werden sich von dem, was sie in dieser Periode zu erwarten haben, einen bessern Begriff machen, wenn ich ihnen die Vornehmsten, die in derselben auftreten werden, vorstelle. Vorher muß ich aber dieses bemerken, daß ich es für gut gefunden habe, den Umfang dieser Periode nicht genau zu bestimmen. Manches wird darinn schon aus Newtons Zeiten vorkommen, wenn es mit seiner großen Entdeckung, die verschiedentliche Brechbarkeit der Strahlen betreffend, nichts zu thun hat, und wenn die Urheber solcher Beobachtungen überhaupt älter als Newton waren. Aus eben dem Grunde werde ich zu der letzten Periode meiner Geschichte

 solche

a) Mußchenbroek hat die tentamina experimentorum in Academia del Cimento, zu Leiden 1731. 4. mit Zusätzen herausgegeben. K.)

solche Entdeckungen rechnen, die zwar von Newtons Zeitgenossen gemachet, aber doch auf seinen Entdeckungen gegründet sind, oder sich darauf beziehen.

Bis hieher ist in dieser Geschichte kein Engländer, die beyden Bacons ausgenommen, aufgetreten. In diesem Zeitraume aber finden wir verschiedene, die wegen ihrer Bemühungen in der Lehre vom Lichte unsere Aufmerksamkeit verdienen. Ihre Verdienste darum sind auch nicht unbeträchtlich, wenn sie gleich durch Newtons weit größere Entdeckungen verdunkelt werden; als welche so wichtig sind, daß man die Hauptabtheilungen dieser Geschichte mit Rechte nach ihnen bestimmet.

Boyle. Der erste Englische Naturforscher aus dieser Periode ist **Boyle**, dessen Name in der Geschichte fast aller Theile der Experimental-Naturlehre mit Ruhme genannt werden muß. Man weis, wie groß sein Eifer sowohl für die Religion als die Wissenschaften war. Glücklicher Weise war er darzu in solchen Umständen, daß er alle zu seinen physikalischen Untersuchungen nöthige Unkosten aufwenden konnte. Die ganze Naturwissenschaft bereichert er mit zahlreichen, wohl angestellten, und mehrentheils glücklich gelungenen Versuchen. Seine Entdeckungen trägt er mit der größten Deutlichkeit und Bescheidenheit vor. Die **Versuche und Beobachtungen über die Farben**, gehören unter die ersten Früchte seiner Arbeiten, da sie 1663 herausgekommen sind. Sie sind sehr reich an neuen Wahrnehmungen für die damaligen Zeiten. Vieles davon gehöret in andere Theile der erfahrenden Naturlehre; einige sehr nützliche Anmerkungen daraus fallen aber in den Bezirk dieser Geschichte.

Jakob und David Gregory. Der nächste Engländer, dessen Arbeiten in diesem Jahre verdienen bemerket zu werden, ist **Jakob Gregory**, dessen Optica promota im J. 1663 herausgekommen ist. Dieser Verfasser untersuchet sorgfältig die Ursachen der verschiedenen Deutlichkeit, Helligkeit und Vergrößerung durch Teleskope, und beweist verschiedene, fast noch nicht bemerkte, hieher gehörige Sätze. Die größte Verbindlichkeit aber ist man ihm wegen der Erfindung seines reflectirenden Teleskops schuldig. Sein Vätter, **David Gregory**, gab 1695. elementa Dioptricae et Catoptricae sphaericae [b]), heraus, wovon wegen des ganzen mathematischen Inhalts eine bloße Anzeige hinlänglich ist.

Barrow. Dr. **Isaak Barrow**, Newtons Lehrer [c]), der wegen seiner großen Einsichten in die Geometrie so berühmt ist, hat uns verschiedene mathematische Untersuchungen über die Optik geliefert, auch einige neue Anmerkungen über das Sehen gemacht [d]).

Molyneux. Desgleichen hat **Molyneux**, Lockens Freund, eine wohlgeschriebene Abhandlung über die Dioptrik im J. 1693. herausgegeben. Aber sowohl der Inhalt dieses

b) Sie sind 1735 wieder aufgeleget, mit einigen Briefen Jak. Gregorys und Newtons über das reflectirende Teleskop. Wolf saget, daß Kenner viele Fehler darinn hätten bemerken wollen. K.

c) Im Engl. tutor.

d) In den lectionibus opticis et geometr. Cantabr. 1674. 4. und Lond. 1729. 4. K.

ses Buches, als der größte Theil des Barrowschen Werkes gehöret nicht für diese Geschichte, weil es bloß mathematische und keine physikalische Untersuchungen sind.

Eine sehr große Menge, zum Theil wichtiger Aufsätze, liefert innerhalb dieses Zeitraumes der unermüdete und in Versuchen so geschickte Dr **Hooke**, Secretair der Königlichen Gesellschaft, ein Mann, der viele Jahre hindurch die ganze Versammlung belebte und in Ansehen erhielt. Er setzte freylich einen viel zu großen Werth auf seine optischen Beobachtungen und Erweiterungen; doch ist dies für uns keine Ursache, sie hinten an zusetzen und herab zu würdigen. Dr. Hooke.

Die Italienischen Naturforscher, welche in den erstern Abschnitten dieser Geschichte vor andern merkwürdig waren, überlassen in dieser die Ehre optischer Entdeckungen größtentheils andern Nationen. Nur finden wir unter ihnen den Pater **Grimaldi**, den Gehülfen des Riccioli bey seinen astronomischen Arbeiten, einen in optischen Versuchen sehr geschäfftigen und glücklichen Naturforscher. Sonst trugen seine Landsleute in dieser Periode wenig zur Erweiterung der Optik bey, und der Leser wird sich betrogen finden, wenn er in der Folge viel mehr von ihnen zu hören erwartet. Grimaldi.

Unter den Franzosen finden wir in diesem Zeitraume verschiedene berühmte Namen. Vor andern zeichnet sich **de la Hire** aus, der mit der Naturlehre überhaupt sich so sehr, als irgend einer seiner Zeitgenossen, beschäfftigte. Diejenigen von seinen Beobachtungen, welche für diese Geschichte gehören, betreffen hauptsächlich die Theorie des Sehens. Seine Accidens de la vue [e]) werden allezeit als ein schätzbarer Beytrag zu den Kenntnissen in dieser Materie angesehen werden. **Mariotte** hat sich, ungeachtet seiner Widersetzlichkeit gegen Newtons optische Entdeckungen, durch eine merkwürdige Entdeckung verdient gemacht, welche Gelegenheit gab, daß einige wichtige Stücke in der Theorie des Sehens von verschiedenen Naturforschern seiner Zeit gründlich untersuchet wurden. Unter diese gehöret **Perrault**, der auch einige Abhandlungen über die Durchsichtigkeit der Körper, und die Ursache der Zurückwerfung und Brechung geschrieben hat. Aber sie scheinen bloß Theorien zu enthalten, die keine Erfahrungen zum Grunde haben. Deswegen werde ich ihrer nicht umständlicher erwähnen. de la Hire, Mariotte, Perrault.

Kein einziger hat sich innerhalb dieses Zeitraumes so viel Mühe, und mit so glücklichem Erfolge um die Optik gegeben, als **Huygens**. Er fieng seine Dioptrik in den jüngern Jahren seines Lebens an auszuarbeiten, wiewohl sie erst nach seinem Tode heraus gekommen ist *f*). Diese Schrift ist so vortrefflich, daß Newton selbst allezeit Huygens.

e) In den Mem. de l' acad. de Paris. 1694. K.

f) Sie ist in der Sammlung seiner nachgelassenen Schriften mit den Abhandlungen de vitris figurandis, und de coronis et parheliis, zu Leiden 1703, 4, herausgekommen. Die Dioptrik selbst ist 263 S. stark. Ich glaube, daß sie noch jetzt denen, welche diese Wissenschaft gründlich und deutlich erlernen wollen, vorzüglich zu empfehlen sey, wenn gleich Montucla meynet, daß etwas Muth dazu gehöre, die Dioptrik daraus erlernen zu wollen. Für weichliche Constitutionen ist das Buch freylich nicht, so wenig wie die Mathematik überhaupt. Aber, wer einen allgemeinen Begriff von der

allezeit mit der größten Achtung davon redete. Die Beweise sind nämlich nach geometrischer Methode, völlig nach Art der Alten, abgefasset, davon Newton ein großer Verehrer war. Huygens war auch sehr mit der Verbesserung der Fernröhre beschäfftiget, wie in dem letzten Abschnitte dieser Periode gezeigt werden wird. Sein Verdienst erstrecket sich aber nicht bloß auf die geometrische und praktische Optik. Er nahm eine neue, sehr sinnreiche Untersuchung vor, nämlich die Erklärung der Ereignisse an Höfen und Nebensonnen.

Guerike. Der berühmte Otto Guerike wird in dieser Geschichte auch nicht gänzlich übergangen werden, ob er gleich in dieser nicht so merkwürdig ist, wie in der Geschichte anderer Theile der Experimentalnaturlehre.

Cherubin. Ich darf diesen Abschnitt nicht beschließen, ohne zu bemerken, daß der Pater Cherubin, der Erfinder des Binocularteleskops, in dem gegenwärtigen Zeitraume, seine Dioptrique oculaire und Vision parfaite herausgegeben hat, wiewohl sie zu dieser physikalischen Geschichte keine Materialien liefern.

Zusatz des Uebersetzers.

Es wird so unrecht nicht seyn, wenn ich von einigen, in diese Periode fallenden, optische Schriften, da ich sie selbst nicht zur Hand habe, aus Wolfs kurzem Unterrichte von mathem. Schriften, ein kleines Supplement liefere.

Die Dioptrique oculaire des P. Cherubin (Paris 1671, fol. 5 A. 11. B. 16 Kupfer) enthält viel praktisches, und beschreibt viele Maschinen vom Glasschleifen. In der Vision parfaite Paris 1678. fol. 3 A. 10 B. 23 K. ist sein Hauptwerk, sein Binocolarteleskop, das er am Ende der Dioptrik angegeben, zu vertheidigen — Nicolaus Hartsoeker läßt sich in seinem Essai de Dioptrique Paris 1694. 1 A. 10 B. 4to. viel auf das physikalische ein, handelt auch sehr gut von dem Glasschleifen, als einer, der aus der Erfahrung redet. Dabey ist sein Vortrag sehr deutlich — Mariotte hat seine Theorie in dem essay de la nature des couleurs Paris 1681. gr. 12. 1 A. 9 B. 16 K. welcher der vierte und größte Theil seiner essays de Physique ist, vorgetragen; so wie Huygens die seinige in dem traité de la lumiere, à Leide 1690. 4to. 1 A. 2 B. — Zacharias Trabers Nervus opticus, Wien, 1675. fol. 2 A. 16 B. 28 K. tauget von Seiten der Theorie nichts, giebt aber gute praktische Anweisungen. (Es ist auch noch einmal zu Wien 1690 herausgekommen.) Noch umständlichern Unterricht in der praktischen Optik giebt Joh. Zahn in seinem Oculo artificiali, wovon die zweyte Ausgabe (die erste ist zu Würzburg 1685 gedrucket), aber mit vielen Druckfehlern, zu Nürnberg 1702. fol. 9 A. 8 B. herausgekommen ist.

Montucla

der Dioptrik mitbringt, und seinen Euklides im Kopfe hat, wird wenig Schwierigkeiten dabey finden. Es ist sehr vortheilhaft, die Dioptrik erst synthetisch zu treiben, ehe man sich an die analytische Bearbeitung derselben machet. K.

Montucla führet die Synopsis optica des Jesuiten Honoratus Faber, Lugduni 1667. 246 pag. 4. mit einigem Ruhme wegen ihrer Deutlichkeit und Präcision an, gesteht aber doch, daß der Verfasser, aus einer ihm gewöhnlichen Uebereilung, manche grobe Fehler begangen habe. Seine Deutlichkeit kann ich nicht sehr rühmen, da ich nicht einmal finden kann, ob er das beständige Verhältniß der Einfalls- und Brechungssinus gelten lassen will, oder nicht. Das Buch gehöret jetzt wohl unter die unbrauchbar gewordenen.

Erster Abschnitt.

Untersuchungen und Entdeckungen das Licht und die Farben überhaupt betreffend.

Geschwindigkeit des Lichtes.

Die größeste Entdeckung, welche in dieser Periode, und zwar durch Vernunftschlüsse, gemachet ward: eine Entdeckung, die wunderbarer ist als alle vorhergehenden, ist die Bestimmung der Geschwindigkeit, damit das Licht fortgepflanzet wird. Nicht, daß man sie, in dem Vorsatze sie zu finden, gefunden hätte; es war dies, wie fast alle große Entdeckungen, eine Folge solcher Beobachtungen, die in ganz andern Absichten angestellet wurden. In der That hatte kein Mensch bis dahin nur die Vorstellung von einer so erstaunlichen Geschwindigkeit gehabt, als man dem Lichte wirklich beylegen muß. Aristoteles dachte, wenn das Licht überhaupt eine Bewegung hätte, so müßte es in dem Fortgange desselben von Osten nach Westen merklich werden; worunter er vermuthlich verstand, daß die Bewegung des Tageslichts, längst der Oberfläche der Erde, dem Auge sichtbar werden müßte. Galileus, der erste, der die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen unternahm, da man viele Jahrhunderte hindurch die Fortpflanzung desselben für augenblicklich gehalten hatte, schmeichelte sich, er würde, auf die oben beschriebene Art, mit zwey Leuten und Fackeln sie entdecken können.

Mislungener Versuch.

Ohne sich durch seinen mislungenen Versuch abschrecken zu lassen, wiederholeten die Mitglieder der Akademie del Cimento den Versuch, und stelleten die beyden Beobachter noch einmal soweit, als Galileus es gethan hatte, nämlich zwey Meilen aus einander. Aber die Geschwindigkeit, welche in einer Weite von einer Meile sich nicht messen ließ, war eben so wenig auf zwey Meilen zu messen möglich [a]). Betrachtet man die Geschwindigkeit der Sache, die sie messen wollten, wie sie sich in der Folge gezeiget hat, so wundert man sich so wenig über das Mislingen des Versuches, daß man vielmehr geneigt ist, über die ganze Unternehmung zu lächeln.

Gelegenheit zur Entdeckung.

Endlich gelangte man zu dieser großen Entdeckung, und das bey Gelegenheit einiger Beobachtungen der Finsternisse der Jupiterstrabanten, die auf der Sternwarte der Pariser-Akademie in den Jahren 1670 bis 1675 angestellet waren. Die Folge,

a) Musschenbroek tentamina part. 2. p. 183.

Folge, die man zuerst nur daraus zog, war, daß diese Trabanten einer bisher nicht bemerketen Ungleichheit ihres Laufs unterworfen wären. Das Hauptereigniß hierbey war, daß der erste Trabante bisweilen genau zu der nach den Tafeln berechneten Zeit aus dem Schatten trat, bisweilen aber nicht, so daß der gröste Unterschied sich auf 14 Min. belief. Diejenige Beobachtung, welche insbesondere diese Astronomen aufmerksam machete, war der Austritt des Trabanten, vom 9. November 1676, der sich um 10 Minuten später ereignete, als es im Monat August geschehen war, da die Erde dem Jupiter weit näher gestanden hatte [b]).

Römer entdeckt sie.

Cassini und Römer, welche diesen Umstand genau überlegten, macheten beyde den Schluß, daß die Ungleichheit von der gegenseitigen Entfernung der Erde und des Jupiter abhienge; und beyde sucheten die Ursache derselben darinne, daß das Licht ohngefähr 14 Minuten zubrächte, den Durchmesser der Erdbahn durchzulaufen. Cassini, der seine ersten Gedanken hierüber im August 1675 bekannt machete, verließ diese Hypothese so gleich wieder; aber Römer vertheidigte sie standhaft [c]). Maraldi bemühete sich nachher in einer Abhandlung des Jahrganges von 1707. p. 32. zu zeigen, daß diese Erklärung, wenn sie gleich den Erscheinungen bey dem ersten Trabanten anpassend wäre, doch bey den andern, oder bey den Finsternissen des Saturnus-Trabanten anstieße. Er richtete aber mit seinem Widerspruche nichts mehr aus, weil Römer den Beyfall der meisten Astronomen schon auf seiner Seite hatte. Spätere und genauere Beobachtungen haben auch gezeiget, daß seine Erklärung mit allen Erscheinungen am Himmel vollkommen übereinstimmt [d]).

Erläuterung. fig. 31.

Einen Begriff von der Beschaffenheit dieses Beweises für die allmählige Fortpflanzung des Lichtes zu geben, sey S die Sonne, I Jupiter. Wenn zu der Zeit, da die Erde in t ist, eine Verfinsterung eines der Trabanten, oder sonst eine Erscheinung am Jupiter, sich immer um 14 Min. später zutragen sollte, als zu der Zeit, da sie in T ist, so muß das Licht, durch welche die Erscheinung sichtbar wird, so viel Zeit auf seinem Wege von T nach t zubringen; daher es also sieben Minuten von der Sonne bis zu uns brauchet, eine Geschwindigkeit, die jede uns sonst bekannte übertrifft. Denn seit dem letztern Durchgange der Venus durch die Sonne, schätzet man den Halbmesser der Erdbahn über 90 Millionen englischer Meilen groß [e]).

Der

b) Philos. transf. abr. vol. I. p. 409.

c) Mem. de l' acad. des sc. 1707. Hist. p. 96. (Aus einigen Stellen, die de la Lande, Astronomie p. 1108, erste Ausg. und Weidler, hist. Astron. p. 540 vom Cassini anführen, scheint zu folgen, daß Römern diese sinnreiche Erklärung allein gehöre. K.)

d) Besonders mit der Aberration der Fixsterne, nach deren Entdeckung Maraldi selbst nicht mehr an der Richtigkeit der Römerschen Erklärung zweifelte. Mem. de l' ac. 1741. K.

e) Die besten Untersuchungen über die mittlere Parallaxe der Sonne, aus dem Durchgange der Venus, machen sie 8", 86 groß, folglich ihre Entfernung ohngefähr 92, 000000 Meilen. (Die meisten Astronomen scheinen sich auf 8", 69 oder 8", 70 zu vereinigen. Diese letztere Parallaxe giebt die Entfernung der Sonne 23709 Halbmesser der Erde groß. Der Halbmesser der Erde ist in runden Zahlen 1000 Meilen jede zu 20000 Rheinl. Fuß gerechnet groß. K.)

Der größte Theil von Boylens Wahrnehmungen und Versuchen gehören in diesen Abschnitt, weil sie das Wesen und den Ursprung der Farben, nebst der Beschaffenheit der Körper, wovon sie abhängen, zu erklären angestellet wurden. Zu dieser Untersuchung ward er durch seine Liebe zur Chymie veranlasset, demjenigen Theile der Naturlehre, darinne man zuerst Versuche gemachet hat, und darinne keiner fleißiger als er gewesen ist.

Boyle von der Verschiedenheit der Farben.

Vielerley Betrachtungen leiteten Boylen auf die Gedanken, daß eine Verschiedenheit der Farben nicht allemal einen großen Unterschied des inneren Gewebes der Körper anzeige. Doch war er geneigt zu glauben, daß sie oft ein Merkmal beträchtlicher Veränderungen in der Lage der Theile gegen einander sey, welches aus der Ausziehung der Tincturen erhelle, wobey die Veränderung der Farbe das vornehmste und oft einzige Merkzeichen sey, nach welchem der Künstler sich bey ihrer Zubereitung richte. Beyspiele dieser Art sieht man an den Pflanzen, deren äußerliche Theile, so wie der Nahrungssaft allmählig zur Reife gelanget, eine Farbe nach der andern annehmen. Ein nicht so gemeines Beyspiel, saget er, giebt das Verfahren, Stahl zu Grabsticheln, Bohrern, Federn u. d. gl. zu härten, an die Hand. Es ist dieses: der zu härtende Stahl wird im Kohlfeuer geglühet, aber nicht sogleich als er aus dem Feuer genommen wird, ins Wasser gestecket, sondern so lange über einem Gefäße mit Wasser gehalten, bis die weiße Gluth sich in eine rothe verwandelt, worauf er alsdenn sogleich in kaltem Wasser gelöschet wird. Der so gehärtete Stahl wird, wenn er gut ist, weißlicht aussehen. Wird er ferner an dem Ende polirt und in eine Lichtflamme gehalten, dergestalt, daß das polirte Ende ohngefähr einen halben Zoll von der Flamme entfernt liegt, so wird es seine Farbe mehrmals geschwinde hinter einander verändern. Die hellgelbe Farbe desselben wird sich in ein dunkler röthliches Gelb, und dieses erst in ein blasses, und darauf in ein dunkles Blau verwandeln. Jede dieser auf einander folgenden Farben, zeiget eine besondere, in dem Gewebe des Stahles vorgegangene Veränderung an. Denn wenn man ihn in der Zeit, da er noch gelb ist, aus der Flamme zieht, und ihn augenblicklich in Talg löschet, so wird er so hart seyn, daß man ihn zu Bohrern brauchen kann; hält man ihn aber einige Minuten länger in die Flamme, bis er blau wird, so wird er weicher, und dienet zu Uhrfedern, welche deswegen auch gewöhnlich blau sind. Wird endlich der Stahl noch länger ins Feuer gehalten, nachdem sich schon die dunkelblaue Farbe gezeiget hat, so wird er so weich, daß er nicht einmal zu Federmesserklingen taugt. Jedermann, fähret er fort, kann sich von der nach Beschaffenheit der Farbe ungleichen Härte des Stahles, leicht überzeugen, wenn er entweder die Feile nimmt, oder Stücke dünnen Drahtes, die beym Härten verschiedene Farben bekommen, entzwey bricht, und die verschiedenen Grade der Zerbrechlichkeit dabey beobachtet f). Diese Farben, merket er an, so lebhaft sie auch sind, befinden sich doch bloß auf der Oberfläche. Denn, wenn man den

P 2 Stahl

f) Boyle's Works by Shaw, vol. 2. p. 1.

Stahl zerbricht, zeigen nicht allein das Innere desselben, sondern auch die Theile zunächst der Oberfläche, bis auf die Dicke eines Haares, nichts von diesen Farben g).

Eine ähnliche Beschaffenheit hat es mit den Farben, welche unser Verfasser an einer großen, über einem starken Feuer geschmolzenen, Masse reines Bleyes bemerkte. Denn, wie er sie sogleich in ein reines eisernes Gefäß goß, und die Haut behende abnahm, sahe er auf der glatten glänzenden Oberfläche sehr schöne angenehme Farben geschwinde hinter einander erscheinen, bis das Metall sich abzukühlen anfieng; worauf die Farbe, welche sich eben zuletzt gezeiget hatte, darauf blieb, aber wie an dem Stahle, nur auf der Oberfläche haftete. Allein die Farben folgeten hier weder immer in derselben Ordnung, noch so regelmäßig auf einander, wie sie es beym Stahle pflegen, sondern auf folgende unordentliche Art, so geschwinde, daß er kaum Zeit hatte, sie zu Papier zu bringen: blau, gelb, purpur, blau, grün, purpur, blau, gelb, roth, purpur, blau, gelb, und blau, gelb, blau, purpur, grün, gemischtes gelb, roth, blau, grün, gelb, roth, purpur, grün h).

Er fand auch, daß, in gewissen Umständen, dieselben Farben an sehr ungleichartigen Körpern erscheinen. Wie er einst eine Kugel von Bergkrystall, welche von einem Steinschneider entzweygesäget war, betrachtete, und die ebenen Flächen der beyden Stücke gegen die Sonne hielt; so brachen die kleinen darauf befindlichen Vertiefungen und Erhöhungen, so glatt die Flächen auch im Schatten zu seyn schienen, das Licht dergestalt, daß noch lebhaftere Farben als an dem Regenbogen dadurch entstanden. Eben diese Farben beobachtete er auch auf der Oberfläche eines feinkörnichten Probiersteines; daß also sowohl an dem sehr durchsichtigen Krystalle als an dem sehr undurchsichtigen Probiersteine, die Theilchen auf der Oberfläche einerley lebhafte Farben verursacheten i).

Boyle von dem Unterschiede zwischen Weiß und Schwarz.

Ueber den Unterschied zwischen **Weiß** und **Schwarz** erklärete sich **Descartes**, wie oben bemerket ist, ziemlich richtig. Da aber **Boyle** noch verschiedene Bemerkungen und Versuche, die seine Theorie außer Zweifel setzen, gemachet hat: so glaube ich sie hier nicht vorbey lassen zu dürfen. Viele Gelehrte, saget er, denken, der Schnee glänze nicht durch ein **geborgtes**, sondern durch ein **eigenthümliches** Licht. Wie er aber in ein völlig verfinstertes Zimmer Schnee gebracht habe, so hätte weder er, noch sonst jemand ihn sehen können k).

Um zu erfahren, ob weiße Körper mehr Licht als andere zurückwerfen, hielt er ein weißes Blatt Papier gegen einen Sonnenstrahl, der in ein verfinstert Zimmer fiel. Dieses warf weit mehr Licht zurück, als ein Papier von jeder andern Farbe. Es erleuchtete einen beträchtlichen Theil des Zimmers.

Zur Bestätigung, daß weiße Körper die Strahlen nicht verschlucken, sondern zurückwerfen, füget er hinzu: daß weißes Papier durch gemeine Brenngläser entweder gar nicht, oder langsam, Feuer fange, oder sich verfärbe. Schon als ein Knabe, da er an den Versuchen mit diesen Gläsern sich sehr belustiget, habe er sich über

g) Ibid. p. 5.
h) Ibid. p. 5.
i) Ibid. p. 6.
k) Ibid. p. 29.

über diesen merkwürdigen Umstand sehr gewundert; und sey dadurch sehr frühzeitig zum Nachdenken über den Ursprung der weißen Farbe, geführet worden; besonders da er bemerket habe, daß auf weißem Papiere das Bild der Sonne nicht so deutlich begränzet sey, wie auf schwarzem [l]); und daß, wenn er Dinte aufs Papier that, diese bald vertrocknete, und das Papier, welches sich vorher nicht anzünden ließ, gleich Feuer fienge. Auch bemerkete er, daß, wenn er einen dünnen schwarzen Handschuh anzog, seine Hand an der Sonne sehr bald und stärker heiß ward, als wenn er sie bloß, oder mit einem dünnen weißen ledernen Handschuh bedecket dagegen hielt [m]).

Daß in Absicht auf das Vermögen, die Sonnenstrahlen zurückzuwerfen, Schwarz das Umgekehrte vom Weißen sey, zu beweisen, ließ er sich einen großen Brennspiegel vom schwarzem Marmor machen, und fand, daß er ihn gar nicht blendete, wie ein anderer Spiegel würde gethan haben; auch konnte er, ungeachtet der Spiegel sehr groß war, kein Holz damit anzünden, so lange er es auch in den Brennpunkt hielt; da ein weit kleinerer Spiegel, von derselben Gestalt, aber von einer stärker zurückwerfenden Materie, es alsobald in Brand würde gesetzet haben [n]).

Sich noch mehr Licht hierüber zu verschaffen, nahm er einen großen Dachziegel, färbete ihn zur Hälfte weiß, zur Hälfte schwarz, und legete ihn an einem Sommertage in die Sonne, ließ ihn eine Weile liegen, und fand, wie der schwarze Theil schon sehr heiß geworden war, den weißen Theil noch kalt. Bisweilen ließ er auch einem Theile des Ziegels seine eigenthümliche rothe Farbe, worauf er fand, daß dieser Theil zwar wärmer als der weiße, aber nicht so heiß wie der schwarze ward. Er bemerkete auch, daß schwarz ausgeschlagene Zimmer nicht allein dadurch dunkler, sondern auch wärmer werden. Er kannte verschiedene Personen, die von solchen Zimmern große Unbequemlichkeit empfanden. Als einen andern Beweis seiner Hypothese führet er eine Erzählung eines glaubwürdigen Kenners an, der in einem heißen Erdstriche, Eyer in kurzer Zeit an der Sonne habe gar machen gesehen, weil man ihre Schalen, ehe sie in die Sonne geleget wurden, schwarz gefärbet hätte [o]).

Boyle von dem Unterschiede der Farben im Sonnen- und Mondenlichte.

Boyle bemerkete einen offenbaren Unterschied der Farbe an verschiedenen Körpern, wenn man sie einmal im Sonnenlichte, und hernach beym Mondenscheine betrachtete. Gelbes Papier schien im Mondenlichte weit blässer als bey Tage, und fiel in ein blasses Strohgelb. Rothes Papier veränderte sich wenig. Es warf das Licht nur stärker zurück, als die übrigen Farben. Ein schön dunkelgrünes, für sich allein betrachtet, schien dunkelblau; aber gegen ein dunkelblaues gehalten, schien es grünlicht, und gegen gelbes schien es noch blauer als zuvor. Blaues fiel in dun-

l) Kepler bemerket auch, (Paral. p. 220) daß das Bild der Sonne in dem Brennpunkte einer Kugel auf weißem Papiere größer scheine, als auf schwarzem, und schreibt es einer Ausbreitung des starken Sonnenlichtes auf der Netzhaut zu. K.

m) Boyle's Works, p. 59.

n) Ibid. p. 34.

o) Ibid. p. 36.

kelpurpur. Purpurnes schien sehr wenig verändert. Rothes endlich gegen gelbes gehalten, machete dieses fast wie braunes Packpapier aussehen p).

Homberg über die Stärke des Lichtes.

Ein Versuch von Homberg über die Grade der Stärke, damit einige Gattungen des Lichts einige leichter als andere halb durchsichtige Materien durchdringen, verdienet hier angeführet zu werden. Er begab sich in ein Zimmer, dahinein kein Licht anders als durch eine Oeffnung kommen konnte, die mit einem zuerst ganz rauhen, fast undurchsichtigen Glase verschlossen war. Er konnte dadurch den Umriß der Gegenstände, aber nicht ihre besondern Farben erkennen. So wie er aber das Glas allmählig abschliff, konnte er erstlich die weißen Gegenstände unterscheiden, darauf die gelben, dann die grünen, rothen, und blauen, in der hier gesetzten Ordnung, zu allerletzt die schwarzen. Vielleicht ist hierbey ein Versehen vorgegangen, denn das Rothe hätte wohl früher als das Grüne sich empfinden lassen sollen. Später als das Gelbe mag es allenfalls bemerket worden seyn, weil nach Newtons und anderer Beobachtungen das Gelbe, oder vielmehr das Orangengelb, dem Auge empfindlicher als Roth ist q).

Hookes Farbentheorie.

Gründlichere oder besser zusammenhängende Systeme über das Wesen der Farben, als in der vorhergehenden Periode, erwarte man in dieser ja nicht. Niemand hat sich wohl eine wunderlichere Vorstellung davon gemachet, als Dr. Hooke. Bisher hatte man immer drey Hauptfarben angenommen; er aber wollte nur zwey, blau und roth, dafür gelten lassen, und sahe die andern als Vermischungen der genannten an. Blau, saget er, ist der Eindruck einer schiefen und verworrenen Erschütterung r) des Lichtes auf der Netzhaut, deren schwächerer Theil voran geht, der stärkere nachfolget; roth ist der Eindruck einer solchen Erschütterung, davon der stärkere vorangehet, und der schwächere folget s).

Die Vorstellung einer Farbe, saget Dr. Hooke, wird durch die Empfindung einer schiefen oder ungleichen Erschütterung des Lichtes erreget, die nur zweyerley seyn kann, weil sie nur zwey Seiten hat. Es sind aber unendliche stufenmäßige Abwechselungen dabey möglich. Jede der beyden Arten fängt mit Weiß an, und endiget sich, eine mit dem dunkelsten Scharlach oder Gelb, die andere mit dem dunkelsten Blau t).

Zwey durchsichtige Körper werden undurchsichtig.

In der Meynung, daß roth und blau der Grundstoff aller andern Farben wären, wollte er seine Voraussetzung durch einen Versuch bestätigen. Zu dem Ende füllete er ein prismatisches gläsernes Gefäß mit einer starken Kupfersolution, welche ein schönes Blau gab, und ein anderes mit einer starken Tinctur von Aloe, welche ein schönes Roth ward. Weil nun an den Ecken dieser Gefäße die Farben schwächer, und in der Mitte dunkler waren, so glaubte er alle mögliche Abänderungen von Farben dadurch hervorzubringen, wenn er zwey Seiten zusammen, und die Ecken nach entgegengesetzten Seiten stellete, und an verschiedenen Stellen durchsahe. Nun

p) Ibid. p. 58.
q) du Hamel Histoire p. 535.
r) Im Engl. pulse.
s) Micrographia, p. 64.
t) Ibid. p. 67.

Nun fand er zwar nicht, was er sich vermuthete; aber dafür, saget er, noch etwas wunderbareres; nämlich, er konnte durch beyde Prismata, die an einander gestellet waren, nichts sehen, ob sie gleich jedes für sich durchsichtig genug waren, wenn er sie auch zweymal so dicke nahm [u]). Newton hat in der Folge diesen Versuch erkläret, nämlich, weil eine Gattung von Strahlen von dem rothen Liquor, die andere von dem blauen verschlucket wird, so lassen beyde zusammen keine von beyden durch.

De la Hire, der nicht aus Mangel von Aufmerksamkeit irrete, erkläret alle Verschiedenheit der Farben aus der Verschiedenheit der Stärke, womit das Licht (dasselbe Licht vermuthlich) den Sehenerven trifft. Was diesen Eindruck schwäche, verändere auch die Farbe. So scheine das rothe Blut blau, wegen der darüber liegenden Haut. Die Luft, welche von den Sonnenstrahlen ein weißes Licht erhalte, scheine wegen des schwarzen Grundes, dem jenseits liegenden unerleuchteten Raume, blau. Dergleichen geringfügige Anmerkungen machet er mehr, und das zu einer Zeit, da Newtons Hypothese von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, als der Ursache der Farben, schon lange bekannt gemacht worden war, und eine allgemeine Aufmerksamkeit erreget hatte [v]).

Zweyter Abschnitt.

Erfahrungen und Untersuchungen über die Zurückwerfung des Lichtes.

Ueber die von Linsengläsern durch Zurückwerfung gemachte Bilder.

Zur Einleitung dieses Abschnittes will ich einen Versuch anführen, welchen die Mitglieder der Akademie del Cimento anstelleten, einen besondern Einfall von Keplern dadurch entweder zu bestätigen oder zu widerlegen: diesen nämlich, daß die Bilder, welche Linsengläser durch die Zurückstrahlung machen, von der Luft entstünden, welche sich an die hintere Fläche hienge, und die Dienste einer Zinnfolie thäte. Sie kütteten eine Linse an die Mündung eines gläsernen Gefäßes, das sich in eine Röhre, von der Länge einer Barometerröhre endigte, fülleten es mit Quecksilber, kehreten es darauf um (ein ander Mittel, einen luftleeren Raum zu machen, hatte man damals noch nicht) und sahen, wie sie diese Vorrichtung in ein verfinstertes Zimmer brachten, daß das Bild, welches von den Strahlen, die durch die Linse giengen, gemachet ward, eben dasselbe blieb, ob gleich keine Luft die Linse berührete. Allen Zweifel, ob auch Quecksilbertheilchen sich ans Glas möchten gehängt haben, zu heben, brachten sie Weingeist durch das Quecksilber hinein, daß er an das Linsenglas treten, und das etwa vom Quecksilber zurück gebliebene abwaschen sollte [a]).

In

u) Ibid. p. 74.
v) Mem. de l'Acad. des sc. 1711. p. 100.
a) Musschenbroek tentamina, p. 166. (Die Akademisten sahen zwey durch zurückgeworfenes Licht verursachete Bilder, ein kleineres, sehr helles und immer aufrechtes, von

Kircher vom nephritischen Holze.

In diesen Abschnitt gehöret die Erzählung von den merkwürdigen Eigenschaften der Infusion des nephritischen Holzes, in Absicht auf das durchgehende oder zurückprallende Licht. Die Hauptbegebenheiten dabey setzte Boyle völlig ins Licht, obgleich schon Kircher in der vorigen Periode verschiedenes merkwürdige daran beobachtet hatte. Er beschreibt das nephritische Holz, als ein weißes Holz, das aus Mexiko komme, und von den Landeseinwohnern Coatl oder Tlapazatli genannt werde. Man habe zwar bis dahin geglaubt, daß es das Wasser nur himmelblau färben könne, allein er habe gefunden; daß es ihm alle Farben zu geben vermöge. Eine Infusion von diesem Holze in eine Glaskugel gethan, und gegen ein starkes Licht gehalten, scheine ohne alle Farben so klar wie Quellwasser, nehme aber eine grüne Farbe an, wenn sie in einen etwas schattichten Ort gebracht werde, und werde röthlich, wenn man sie an einen noch dunklern Ort trage. An einem finstern Orte, oder in einem undurchsichtigen Gefäße, werde sie himmelblau [b]).

Ein Becher von diesem merkwürdigen Holze ward Kirchern von dem Procurator seiner Gesellschaft zu Mexico geschenkt, welchen er nachher dem Kaiser als eine besondere Seltenheit verehrete. Es heißt Lignum nephriticum, weil die Infusion in Zufällen an den Nieren und der Blase helfen soll. Die Einwohner des Landes, wo das Holz zu Hause gehört, brauchen es dagegen.

Die Veränderlichkeit der Farbe an dieser Infusion, saget Kircher, habe ihn anfangs sehr in Verwirrung gesetzet, weil er nicht gewußt habe, ob diese Farben wahre oder bloß scheinbare, nach der damals gewöhnlichen Eintheilung, wären. Endlich, meldet er, habe er die Ursachen entdecket, verspricht auch, sie an einem andern Orte mitzutheilen, hält aber, so viel ich finden kann, sein Wort nicht.

Boylens Versuche damit.

Boyle verbesserte einige übereilte Wahrnehmungen von Kirchern, und veränderte seine Versuche mit diesem Holze auf eine sehr angenehme Art. Einige seiner Beobachtungen sind so merkwürdig, daß ich nicht umhin kann, sie anzuführen, wenn ich gleich dadurch tiefer in die Chymie hineingerathe, als ich es nöthig hätte.

Er ist der erste, der die beyden sehr unterschiedenen Farben deutlich angegeben hat, welche die Tinctur von diesem Holze, bey durchgehendem und zurückgeworfenem Lichte annimmt. Wird sie, saget er, gerade zwischen das Licht und das Auge gehalten, so wird sie, (nur zu oberst nicht, wo ein himmelblauer Ring bisweilen erscheint) fast goldfärbicht aussehen; ausgenommen, wenn die Infusion zu stark ist, da sie dunkel oder röthlich aussieht, und mit Wasser verdünnet werden muß. Hält man aber das Auge zwischen das Licht und die Infusion, so wird sie von einer schönen dunkelblauen Farbe seyn, so wie auch die Tropfen, wenn etwa einige an dem Glase hängen.

Als

von der vordern erhabenen Glasfläche; das andere, ein größeres, matteres, und mehrentheils umgekehrtes Bild, von der innern hohlen Fläche des Glases. K.)

b) Ars magna lucis et umbr. p. 77. (Kircher läßt das Wasser in einer Schale von diesem Holze erst stehen, worinn es blau aussieht. Darauf nimmt er die beschriebenen Processe vor. Priestley setzet statt der blauen Farbe hier zweymal grün. K.)

Als er ein wenig von dieser Tinctur auf ein Blatt weiß Papier goß, und es ins Fenster in Sonnenschein legte, bemerkte er, daß, wenn er den Rücken gegen die Sonne kehrete, der Schatten seiner Feder, oder einer andern solchen dünnen Sache, der auf die Feuchtigkeit fiel, nicht ganz schwarz, wie sonst ein Schatten zu seyn pfleget, aussah, sondern daß ein Theil davon artig gefärbet war; der Rand nämlich hatte eine muntere Goldfarbe, die innern Theile waren blau. Das Wunderbare bey diesen und andern Erscheinungen machte ihn sehr begierig, die Ursache derselben zu entdecken. Ganz fruchtlos fielen seine Untersuchungen auch nicht aus.

Weil er sahe, daß diese Tinctur, wenn sie zu stark war, nicht so schöne Farben, wie sonst zeigte, daß auch durch öftere Aufgießung frischen Wassers, die färbende Kraft des Holzes sich allmählig verlor: so muthmaaßete er, die Tinctur möchte wohl viel von dem wesentlichen Salze des Holzes enthalten. Um nun zu versuchen, ob die feinen Theilchen, welche die Farbe verursachten, flüchtig genug wären, um, ohne Zerstörung ihrer Zusammensetzung, abgezogen zu werden; so setzete er etwas davon der mäßigen Hitze eines Lampenofens aus. Allein er fand, daß alles übergangene so klar und farbenlos, wie Quellwasser, und hingegen das zurückgebliebene so dunkelblau war, daß nur bloß in sehr starkem Lichte sich Farben daran zeigten.

Er goß in eine kleine Quantität dieser Tinctur ein ganz wenig distillirten Weinessig. Sogleich verschwand die blaue Farbe, und die Goldfarbe blieb, er mochte sie gegen das Licht halten, wie er wollte.

Wieder ließ er in eben diese Tinctur ein paar Tropfen zerflossenen Weinsteinsalzes fallen, worauf sie augenblicklich ihre blaue Farbe wieder erhielt, und alle dieselben Erscheinungen, wie vorher, zeigete [c]).

Eine noch größere Verschiedenheit der Farben bemerkete er, wenn er eine mit dieser Tinctur gefüllte runde langhälsigte Phiole in einem verfinsterten Zimmer, dahinein durch eine kleine Oeffnung ein Sonnenstrahl fiel, bald nahe an die Sonnenstrahlen, bald halb hinein und halb heraus hielt, auch die Lage der Phiole veränderte, und sie von unterschiedlichen Stellen des Zimmers betrachtete. Außer den gewöhnlichen Farben spielete sie an einigen Stellen roth, an andern grün. Inwendig zeigeten sich noch andere zwischen jene fallende Farben, nach den verschiedenen Graden und ungleichen Mischungen des Lichtes und Schattens [d]).

Versuch mit Goldblättchen.

Den Unterschied zwischen durchgehendem und zurückgeworfenem Lichte bemerkete Boyle auch am Golde, wovon aber vor Newton niemand die Ursache angegeben hat. Er nahm ein Goldblättchen, hielt es zwischen das Auge und das Licht, worauf es grünlicht blau aussah. Bey dem Scheine einer Lichtflamme bemerkete er dieselbe Veränderung der Farbe. Allein bey Silberblättchen zeigete sich keine [e]).

Die Haupterscheinungen an dieser Infusion vom nephritischen Holze lassen sich nach der Newtonianischen Lehre von der verschiedenen Beschaffenheit der Lichtstrahlen in Absicht auf Brechung und Zurückwerfung, wie auch von der Geneigtheit gewisser

c) Boyle's works, vol. 2. p. 60.
d) Ibid. p. 62.
e) Ibid. p. 59. (Diese Beobachtung habe ich oben schon vom Harriot angeführet. K.)

wisser Körper, einige Gattungen von Strahlen zurückzuwerfen, und andere durchzulassen, erklären. Denn so wird ein solcher Körper eine andere Farbe zeigen, wenn man ihn vermittelst des zurückgeworfenen Lichtes sieht, als wenn das durchgehende ins Auge kömmt. Luft und Meer haben, wie die Beobachtungen folgender Zeiten gelehret haben, mit jener Infusion etwas ähnliches. Die blauen und andere Lichtstrahlen von der schwächern Gattung fahren nicht so tief in sie hinein, wie die rothen. Worinn aber diese gemeinschaftliche Beschaffenheit bestehe, verdienet erwogen zu werden. Denn fast alle andern Tincturen, selbst die vom nephritischen Holze, nach einiger vom Boyle damit gemachter Veränderung, so wie alle andere halb durchsichtige gefärbte Materien, als Glas, zeigen in jeder Lage des Auges einerley Farbe. Die Vermehrung oder Verminderung der Quantität verursachet weiter keinen Unterschied, als daß die Farbe dunkler oder blässer wird.

Farben dünner Blättchen.

Die erste deutliche Bemerkung der Farben, welche dünne Blättchen (plates) verschiedener Materien zeigen, habe ich beym Boyle angetroffen. Den Chymisten zu beweisen, daß, ohne irgend eine Veränderung in den schwefelichten, salzigen, oder mercurialischen Bestandtheilen der Körper, Farben hervorgebracht und vertrieben werden können, führet er an, daß alle chymische wesentliche Oele, wie auch guter Weingeist, so lange, bis sie Blasen werfen, geschüttelt, vielerley Farben spielen, die sobald die Blasen bersten, verschwinden. Also könne man einem farbenlosen Liquor sogleich eine Menge Farben geben und wiedernehmen, ohne seine Bestandtheile im geringsten zu ändern. Hierauf erwähnet er die Farben, die an Seifenblasen und am Terpentin erscheinen. Er hat sich einigemale ein Glas so dünne blasen lassen, daß es ähnliche Farben spielete. An einer Feder von gewisser Gestalt und Größe, wie auch an einem schwarzen Bande, die er in gehöriger Entfernung, zwischen sein Auge und die Sonne hielt, bemerkete er eine Menge kleiner Regenbogen, wie er sich ausdrücket, mit sehr lebhaften Farben, da man doch sonst dergleichen nicht an diesen Sachen wahrnimmt f).

Hookes Versuch mit der Seifenblase.

Noch genauer und umständlicher untersuchete diese Sache **Dr. Hooke.** Weil er seinen Entdeckungen gerne den Anstrich des Wunderbaren gab, so versprach er bey einer Zusammenkunft der Gesellschaft, am 7 März 1672. bey der nächsten etwas mitzubringen, das weder Brechung noch Zurückstrahlung zeigte, und doch durchsichtig wäre. Diesem zufolge brachte er, zur bestimmten Zeit, die berühmte farbichte Seifenblase hervor, davon hernach Newton einen so vortrefflichen Gebrauch machte, deren auch Boyle, schon neun Jahre vorher, in seiner Schrift von Farben, Erwähnung gethan hatte, welches aber Dr Hooke und seine Zeitgenossen scheinen übersehen zu haben. Ein so besonderer Versuch mußte nothwendig die Aufmerksamkeit der Gesellschaft erwecken, welche Hooken bat, bey der nächsten Zusammenkunft eine schriftliche Nachricht davon mitzubringen. Dies that er. Damit man diese erste Beschreibung mit der genauern, die im folgenden nach dem Newton gegeben werden soll, vergleichen könne, will ich sie hier mittheilen.

Mit

f) Ibid. p. 70.

Mit einer kleinen gläsernen Röhre wurden verschiedene kleine Blasen aus einer Mischung von Wasser und Seife hervorgebracht. Diese waren zuerst weiß und klar; aber nach einiger Zeit, da das Wasserhäutchen dünner ward, zeigten sich alle Regenbogenfarben darauf. Zuerst Blaßgelb, darauf Orange, Roth, Purpur, Blau, Grün, u. s. w. Dieselbe Reihe von Farben entstand mehrmals hinter einander, mit dem Unterschiede, daß die ersten und letzten Reihen matt, die mittlere aber sehr helle war. Nachdem die gedachten Veränderungen mit den Farben vorgegangen waren, ward das Häutchen der Blase wieder weiß, und sogleich erschienen an verschiedenen Stellen dieser zweyten weißen Haut einige Löcher, welche allmählig sehr groß wurden, da sie zum Theil in einander liefen. Nachdem er noch einige, nicht sonderlich wichtige Beobachtungen erzählet hat, saget er, es sey wunderbar, daß, ungeachtet sowohl die umgebende als umgebene g) Luft Oberflächen habe, er doch daran weder Zurückstrahlung noch Brechung bemerken könne, die doch an allen andern Theilen der eingeschlossenen Luft sich zeige. Dieser Versuch, fähret er fort, scheine zwar dem ersten Anblicke nach sehr unbedeutend; er könne aber als einer der lehrreichsten zur Erforschung des Wesens und der Ursache der Zurückwerfung, der Brechung, der Farben, der Verwandtschaft und Widerwärtigkeit h), und anderer Eigenschaften der Körper angesehen werden. Er versprach hierüber noch mehr Untersuchungen anzustellen i), wiewohl ich nicht finde, daß er sein Wort gehalten hat; und es ist auch nichts daran gelegen, weil wir die Sache bald in bessern Händen finden werden. Ferner, saget er, hat eine und dieselbe Sache verschiedene Farben, nachdem man sie durch zurückgeworfenes oder durchgehendes Licht sieht; so etwa, wie die Tinctur vom nephritischen Holze. Auch von dieser Erscheinung verspricht er eine Erklärung, ohne sein Versprechen zu erfüllen, welches wir, aus dem schon angeführten Grunde, nicht sehr zu bedauern Ursache haben k).

Hooke von den Farben des Rußischen Glases.

Dr Hooke war der erste, der die schönen Farben, welche man an dünnen Blättchen russischen Glases sieht, wo nicht bemerket, doch beschrieben hat. Das bloße Auge schon, saget er, findet sie sehr schön; weit schöner aber erscheinen sie durchs Mikroskop. Dadurch sahe er, daß diese Farben Ringe um die weißen Flecke oder Risse, in diesem dünnen Körper ausmachten; daß ihre Ordnung eben dieselbe wie an dem äußern Regenbogen war; und daß sie oft zehnmal wiederholet waren. Er bemerkete, daß einige dieser Farbenringe weit heller als die andern, und einige weit breiter waren. Waren sie an einem Orte breit, und dem bloßen Auge sichtbar, so konnte man durch einen Druck des Fingers auf diesen Ort, sie von der Stelle rücken machen. Endlich bemerkete er auch, daß man, aber mit vieler Sorgfalt, dieses Glas in Blättchen von $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ Zoll dick l) spalten könnte, deren jedes durchs

 Mikroskop

g) Im Engl. encompassing and encompassed. Ich verstehe diejenige Luft, welche an den anscheinenden Löchern der Blase lag. K.

h) Congruity and incongruity.

i) Birch's history, vol. 3. p. 29.

k) Ibid. p. 54.

l) Soll vermuthlich etwa $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{8}$ Linie heißen. K.

Mikroskop, mit einer oder andern lebhaften Farbe gleichförmig prangete, und daß die Blättchen selbst durchaus gleich dicke waren m).

Aehnliche Bemerkung.

Eine ähnliche Bemerkung hatte schon einige Zeit zuvor Lord Brereton gemachet, der 1666 bey einer Versammlung der Königl. Gesellschaft einige Stücke Glas vorzeigete, welche man aus einem Kirchenfenster sowohl an der Nord- als Südseite genommen hatte. Er bemerkete, daß sie alle von der Luft angegriffen waren, daß aber die von der Südseite einige Farben, gleich den Regenbogenfarben, an sich hatten; welche an denen von der Nordseite gar nicht befindlich waren n). Dieses Ereigniß hat man seitdem oft, und in andern Umständen, beobachtet. Ganz gewiß ist in allen dergleichen Fällen das Glas in dünne Blättchen gesplittert, welche aus demselben Grunde farbicht sind, aus dem es die vom Hooke beobachtete Seifenblase und dünne Luftblättchen sind, worüber wir vom Newton eine vollständigere Erklärung erhalten werden. Mit gehöriger Sorgfalt lassen sich die Glasblättchen absondern, dadurch die Theorie bestätiget wird.

Farben dünner Luftblättchen.

Unter andern Versuchen, welche Dr. Hooke der Königl. Gesellschaft, Newtons damals eben ihr mitgetheilete Farbentheorie zu wiederlegen, vortrug, ist einer, den ich hier nicht vorbeylassen kann. Dr. Hooke hat wenigstens an der Ehre, die Beobachtung zuerst gemachet zu haben, eben soviel Antheil, als jener berühmtere Naturforscher, wenn er gleich nicht soviel Gebrauch davon gemachet hat. Sie betrifft die Farben, welche sich an dünnen Luftblättchen zeigen. Die Erzählung kann zur Vergleichung der ältern und unvollkommenern Versuche mit den neuern und genauern dienen.

Er nahm zwey dünne, eben geschliffene und polirete Glasplatten, legete sie auf einander, und drückete sie zusammen, bis in der Mitte ein roth gefärbter Fleck entstand. Da er sie noch fester andrückete, bemerkete er verschiedene Farbenringe um jene Stelle herum, bis zuletzt alle Farben aus der Mitte dieser Ringe verschwanden, und der Centralfleck weiß ward; der aber, wenn er die Platten noch mehr an einander drückete, einige schwarze Stellen bekam. Die erste Farbe, welche erschien, war roth, darauf folgeten gelb, grün, blau, purpur; alsdenn wieder roth, gelb, grün, blau, purpur; und dieses in derselben Ordnung immer fort, so daß er bisweilen neun oder zehen Ringe zählete, worinn das Roth immer an den Purpur gränzete. Diese Ringe veränderten sich mit der Lage des Auges, so daß, ohne an den Gläsern was zu verändern, derjenige Theil, welcher in einer Lage des Auges roth erschien, in einer andern blau, in noch einer andern grün, u. s. f. aussah o).

Warum man in einer tiefen Grube bey Tage Sterne sehen kann.

Zum Beschluß dieses Abschnittes will ich eine gute Bemerkung vom **Otto Guericke**, zur Erklärung, warum auf dem Grunde einer tiefen Grube Sterne bey Tage sichtbar sind, anführen. Die Ursache saget er, ist, weil das Sternenlicht von den Sonnenstrahlen nicht überwältiget wird, indem diese durch die mannigfaltigen Zurückwerfungen längst der Grube hinunter verlohren gehen, und das Auge des Zuschauers unten am Grunde nicht erreichen p).

Dritter

m) Micrographia, p. 48.
n) Birch's history, vol. 2, p. 104.
o) Ibid. vol. 3. p. 54.
p) Experimenta Magdeburgica, p. 141.

Dritter Abschnitt.

Untersuchungen über die Brechung des Lichtes.

In dem Zeitraume dieser Periode finden wir verschiedene Mitglieder der Königl. Gesellschaft mit Versuchen über die brechende Kraft verschiedener Mittel beschäfftiget. Aber sie brachten nichts merkwürdiges heraus. In einer Versammlung am 31 Aug. 1664 ward über die Brechung des gemeinen Wassers ein Versuch mit einem neuen, zu diesem Ende erfundenen, Werkzeuge gemachet, wodurch sie bey einem Einfallswinkel von 40 Gr. den Brechungswinkel 30 Gr. fanden [a]).

Brechung nicht der Dichte proportional.

Um eben diese Zeit finde ich auch zuerst erwähnet, daß die Größe der Brechung sich nicht nach der Dichtigkeit der brechenden Mittel richte. Denn Boyle bemerket in einem Briefe an den Secretair der Gesellschaft, Oldenburg, vom 3 Novemb. 1664, daß das Brechungsverhältniß für Weingeist, wie 4 : 3 sey; daß, so wie Weingeist eine stärkere Brechung als gemeines Wasser verursache, Terpentinoel, das noch leichter als Weingeist sey, nicht allein eine stärkere Brechungskraft als gemeines Wasser, sondern auch als Salzwasser besitze [b]). Und bey einer Versammlung am 9 November desselben Jahres benachrichtigte Dr. Hooke die Gesellschaft, welche ihm die fernere Untersuchung aufgetragen hatte, von einem Versuche, den er mit reinem und klaren Baumoel (sallad oil) angestellet hatte, dessen brechende Kraft er größer als aller bisher versuchten Flüßigkeiten fand. Der Brechungswinkel war nicht kleiner als 46° 30′ bey einem Einfallswinkel von 30 Gr. und 29° 47′ bey einem Einfallswinkel von 20° [c]).

De la Hirens Beobachtungen.

Auch de la Hire machte verschiedene Versuche über die brechende Kraft des Oeles in Vergleichung mit derjenigen des Wassers und der Luft [d]), und fand das Brechungsverhältniß, 60:42, welches, wie er bemerket, dem Brechungsverhältnisse am Glase ein wenig näher als dem an Wasser kömmt, obgleich Oel viel leichter als Wasser, und Glas viel schwerer ist [e]).

Da die Mitglieder der Königlichen Gesellschaft fanden, daß die Brechung im Salzwasser stärker als im süßen wäre, so verfolgten sie die Versuche noch weiter an Auflösungen von Vitriol, Salpeter und Alaun, und beobachteten, daß die beyden erstern eine etwas größere brechende Kraft als gemeines Wasser, die letzte aber eine etwas geringere hatte [f]).

Ueber die brechende Kraft des Eises.

Dr Hooke machte den 11 Febr. 1663. vor der Gesellschaft einen Versuch, der deutlich bewies, daß Eis nicht so stark das Wasser wie Licht breche. Dieses sahe er

 als

a) Birch's history, p. 463. (Dieses giebt das Brechungsverhältniß 10000 : 7779. K.)

b) Birch's history, vol. I. p. 480.

c) Ibid. p. 483. (Das Brechungsverhältniß folget hieraus theils 10000 : 6893, theils 10000 : 6885. Harriot hat schon die Dichtigkeit der Körper bey der Brechung in Vergleichung gezogen. Epist. ad Kepl. pag. 376. K.)

d) Vermuthlich des Glases. K.

e) Memoires anciens, vol. 9. p. 382.

f) Birch's history, vol. I. p. 501.

als einen guten Beweis an, daß die Leichtigkeit des Eises, nach welcher es auf dem Wasser schwimmt, nicht allein von den darinne befindlichen sichtbaren Bläschen, sondern auch von der Zusammensetzung der ganzen Masse herrühre [g]). Auch de la Hire gab sich viel Mühe zu erforschen, ob, nach der damals gewöhnlichen Meynung, Wasser und Eis einerley brechende Kraft hätten; fand aber, wie Hooke, daß sie beym Eise geringer wäre [h]).

und der Luft. Durch einen im Jahre 1698 angestellten sehr genauen Versuch, da ein Lichtstrahl durch ein Torricellianisches Leere gelassen ward, fand **Lowthorp**, daß die brechende Kraft der Luft und des Wassers sich wie 36 zu 34400 verhalte [i]). Die Nachricht von seinem Versuche beschließt er mit der Anmerkung, daß die brechende Kraft der Körper ihrer Dichte, oder wenigstens ihrer Schwere, nicht proportional sey. Die brechenden Kräfte des Glases und Wassers seyn wie 55 zu 34, da ihre Schweren sich wie 87 zu 34 verhalten, d. i. die Quadrate der brechenden Kräfte verhalten sich sehr nahe wie die Schweren der Körper. Es giebt auch Flüßigkeiten, welche leichter als Wasser sind, und doch eine größere brechende Kraft haben. So verhält sich die brechende Kraft des Weingeistes und des Wassers, nach Hookens Versuch, wie 36 zu 33, da ihre Schweren sich umgekehrt, wie 33 zu 36 oder $36\frac{1}{2}$ verhalten. Allein die brechenden Kräfte der Luft und des Wassers scheinen sich gerade zu wie ihre Schweren zu verhalten. Sollte dies, saget er, durch mehrere Versuche bestätiget werden, so sey wahrscheinlich die brechende Kraft der Luft, in jeder Höhe über der Erde, ihrer Dichte proportional; daher es nicht schwer fallen würde, den Weg des Lichtes durch den Dunstkreis, in so ferne es den Erdschatten begränzt, anzugeben; und zu untersuchen, in welcher Entfernung der Mond von der Erde nach der beobachteten Dauer der Verfinsterung seyn müsse. Mehrere Gedanken von Lowthorpen über die Atmosphäre findet man in Hookens von Derham herausgegebenen Versuchen, S. 338.

Der jüngere **Cassini** war eben gegenwärtig, als Lowthorp den ersterwähnten Versuch vor der Königl. Gesellschaft machete. Auf die Nachricht, die er, nach seiner

g) Hooke's experiments by Derham. p. 501.

h) Mem. de l' acad. des sc. 1693. p. 25.

i) Das Wort Kraft muß sich zu allen Bedeutungen bequemen, die man ihm zu geben für gut findet. Hier scheint das Verhältniß der Kräfte für das Verhältniß der Winkel, genommen zu werden, welche der einfallende und gebrochene Strahl, bey dem Uebergange aus dem brechenden Mittel in Luft oder in den leeren Raum mit einander machen. So ist es gleich im folgenden für Glas und Wasser zu verstehen, wenn man statt der Sinus die Winkel nimmt. Lowthorp fand das Brechungsverhältniß aus Luft in leeren Raum, 100000 : 100036. (Kästners Lehrbegriff der Optik S. 438). Das aus Wasser in leeren Raum ist 100000 : 133618. Nach dem angenommenen Begriffe wäre also das Verhältniß der brechenden Kräfte für Luft und Wasser, das von 36 zu 33618.

Allein der angenommene Begriff ist höchst willkührlich. Man könnte eben so gut auch den Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahls bey dem Uebergange aus dem leeren Raume in das brechende Mittel nehmen. Alsdenn wird das Verhältniß der brechenden Kräfte ein ganz anderes. K.)

ner Zuhausekunft, der Akademie der Wissenschaften davon mittheilete, nahmen sich die Mitglieder derselben im J. 1700 vor, den Versuch nachzumachen; konnten ihn aber nicht zu Stande bringen. Deswegen trug die Gesellschaft, um die Sache außer allen Zweifel zu setzen, Hauksbeen auf, unter der Anweisung des Dr. Halley, ein Werkzeug zu diesem Ende zu verfertigen. Es bestund aus einem starken messingenen Prisma, daran zwey Seiten Nuthen hatten, ebene Gläser einzunehmen; die dritte Seite hatte eine Röhre, und einen Hahn, vermittelst dessen die Luft auszuziehen oder zusammenzudrücken. Das Prisma hatte auch einen Quecksilberweiser, die Dichte der darinne enthaltenen Luft dadurch zu erkennen, und ließ sich um seine Axe drehen, in der Absicht, daß die Brechungen auf beyden Seiten gleich gemachet werden können. Der brechende Winkel war 64 Grad. Es war an einem 10 Fuß langen Fernrohre befestiget, das im Brennpunkte ein feines Haar hatte. Der Erfolg dieses genauen Versuches war folgender.

Genauer Versuch.

Man erwählete einen schicklichen und deutlichen aufrechten Gegenstand, 2588 Fuß entfernet, den 15 Jun. A. St. 1708, des Morgens, da das Barometer auf 29, $7\frac{1}{2}$ und das Thermometer auf 60 stand. Das Prisma ward nun ausgeleert, und an das Teleskop gebracht, worauf das horizontale Haar im Brennpunkte ein Zeichen an dem aufgerichteten Gegenstande bedeckete, das man durch den leeren Raum sehr deutlich sahe. Beyde Glasplatten waren gegen die Gesichtsstrahlen gleich viel geneiget. Nun ließ man Luft hinein, so schien das Zeichen sich nach und nach, so wie die Luft hinein drang, über das Haar zu erheben, und endlich fand man, daß das Haar ein andres Zeichen, $10\frac{1}{4}$ Zoll unter dem vorigen bedeckete. Dieses wiederholete man mehrmals, immer mit demselben Erfolge.

Hierauf brachte man die Compressionsmaschine ans Prisma, und pumpte eine zweyte Atmosphäre hinein, so daß nach dem Quecksilberweiser die Dichte der innern Luft noch einmal so groß, als der äußern war, brachte es wieder ans Fernrohr, und ließ die Luft heraus, worauf das Zeichen, welches vorher sich zu erheben schien, sich jetzt allmählig senkete, bis endlich das Haar ein Zeichen, $10\frac{1}{4}$ Zoll höher, als anfangs bedeckete. Auch dieses traf allemal gleichmäßig ein.

Man pumpte noch eine Atmosphäre hinein, daß ihrer drey darinnen waren. Indem man die verdichtete Luft herausließ, senkete sich das Zeichen fast 21 Zoll unter das Haar.

Nun giebt die Länge von $10\frac{1}{4}$ Zoll, für einen Halbmesser 2588 Fuß, einen Winkel von 68 Secunden; und da der Einfallswinkel des Gesichtsstrahls 32 Gr. ist (weil der Winkel der Glasplatten 64 Gr. war); so folget aus den bekannten Gesetzen der Brechung die Proportion: wie sich verhält der Sinus von 32° zu dem von 31° 59′ 26″ (welcher Winkrl um 34″, der Hälfte von 68 Sec. kleiner als 32° ist), so verhält sich jeder anderer Einfallssinus zu dem Brechungssinus, und so verhält

verhält sich 1000000 zu 999736. Dieses ist das Brechungsverhältniß aus Luft in die gewöhnliche Luft [k]).

Es erhellet aus diesen Versuchen, daß die brechende Kraft der Luft ihrer Dichte proportional ist. Und weil die Dichte der Atmosphäre sich ordentlich wie ihre Schwere, und umgekehret wie ihre Wärme verhält, so kann man das Verhältniß der Dichte zu jeder gegebenen Zeit, aus der Vergleichung der Barometer- und Thermometerhöhen, und daraus die Größe der Brechung der Luft bestimmen. Aber Dr. Smith bemerket, daß man, um sich auf die Richtigkeit dieses Schlusses zu verlassen, untersuchen müsse, ob auch Wärme und Kälte allein, bey unveränderter Dichte, der Luft ihre brechende Kraft zu ändern im Stande seyn. Zu dem Ende darf man nur die in dem Prisma eingeschlossene Luft gleich vorher, da man es an das Fernrohr anbringen will, erwärmen, und Acht geben, ob das Haar im Brennpunkte, während der Abkühlung, immer dasselbe Merkzeichen bedecke [m]).

Da die französischen Akademisten von dem Erfolge des erzählten Versuches benachrichtiget wurden, so gaben sie dem jüngern Delisle auf, ihren vorigen Versuch mit mehrerer Sorgfalt zu wiederholen. Er fand sogleich, daß bey demselben gar kein luftleerer Raum gemacht worden wäre, weil das dabey gebrauchte Werkzeug Ritzen hatte. Er brachte also in das von ihm gebrauchte einen Quecksilberweiser, um sich von der Ausleerung der Luft zu versichern; worauf der Erfolg des Versuches eben so wie in England war. Bey der Vergleichung der brechenden Kraft des Dunstkreises, wie sie zu Paris gefunden wird, und des Resultats seines Versuches, fand er doch, daß der strengste luftleere Raum, den er zu schaffen im Stande war, lange nicht an den Grad der Leere in den ätherischen Gegenden über dem Dunstkreise reichte [n]).

Hauksbees Versuche über mancherley Flüßigkeiten.

Hauksbee untersuchete die brechende Kraft vieler flüßigen Körper mit größer Sorgfalt, vermittelst eines Prisma. Wegen der Wichtigkeit seiner Beobachtungen, werde ich die von ihm darüber gemachte Tabelle einrücken, und einige seiner allgemeinen Anmerkungen anführen.

k) Der Strahl innerhalb des Prisma machete mit den Glasflächen einen Winkel von 58 Gr. da er gegen sie gleichviel geneiget war, also mit dem Einfallslothe einen Winkel von 32 Gr. Der Winkel des einfallenden und ausfahrenden Strahls, der hier 68 Sec. gefunden ward, ist doppelt so groß als der Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahls auf dieser oder jener Seite des Prisma, der also 34 Sec. ist. Man wird sich dies leicht durch eine Zeichnung begreiflich machen, wenn man den brechenden Winkel des Prisma unterhalb kehret. K.

l) Haukſbee's experiments; p. 225.

m) Smith's Opticks, remarks. pag. 69. d. d. A. S. 439.

n) Mem. de l'acad. des ſc. 1719. H. 88. M. 436.

Waſſer

	Eigene Schwere.	Verhältniß der Brechung wie 100 000 zu
Wasser	820	74853
Oele.		
Sassafrasöl	898	64758
Terpentinöl	713,5	67418
Wachsöl	662	68854
Feldkümmelöl	752	66965
Pomeranzenöl	711	67412
Ysopöl	769,5	67576
Rosmarinöl	747	67947
Oel von dem Sevenbaum	789	67309
Origanumöl	752	67702
Poleyöl	783	67309
Münzenöl	780,5	67064
Lavendelöl	749	68073
Fenchelöl	798	66165
Wacholderöl	729	67576
Kümmelöl	766,5	66277
Reinfarrenöl	757	68651
Dillöl	795,5	65827
Agtsteinöl	783	66623
Zimmtöl	828	65177
Nelkenöl	827	66068
Muskatennußöl	759	67214
Spiritus.		
Weingeist	703,5	72879
Hirschhorngeist	786	74683
Salmiakgeist	794,5	74752
Geist von roher Seide	916	71350
Säuren.		
Distillirter Weinessig	824,5	74683
Agtsteingeist	825	74752
Vitriolöl	1580	70115
Salpetersäure	1166	71040
Königswasser	987	71950
Scheidewasser	1157	71205
Königswasser aus Scheidewasser und Salmiak	1034	71615
Spießglasbutter	1976	59413
Geist von Honig	716	74853

	Eigene Schwere.	Verhältniß der Brechung wie 100 000 zu
Tincturen.		
Spießglastinctur -- -- -- -- --	693	72943
Tinrtur von Peruvianrinde -- -- -- --	720	72943
Tinctur vom Tolutanischen Balsam -- --	717	72193
Tinctur vom Gummi Ammoniacum -- --	719	72573
Tinctur der Metalle -- -- -- -- --	713	72817
* * *		
Gläserne Feuchtigkeit eines Ochsenauges -- --	——	74853
Krystallene Feuchtigkeit eines Ochsenauges --	——	68327
Weißes aus einem Hühnerey -- -- --	——	74013
Hirschhorngallert -- -- -- -- --	——	73847
Menschenspeichel -- -- -- -- --	——	74853
Menschenurin -- -- -- -- -- --	——	74519
Franzbranntewein -- -- -- -- --	——	73386

Anmerkungen darüber.

Die brechende Kraft der krystallenen Feuchtigkeit eines Ochsenauges zu messen, pressete er es in den Winkel des Prisma. Merkwürdig ist es, daß er einen gewöhnlichen Gegenstand dadurch nicht sehen konnte, sondern ein Licht dazu nehmen mußte, dessen Flamme sehr breit, wenigstens fünf bis sechs Zoll, fast wie der halbe Mond erschien; die Ursache wußte er nicht zu erklären.

Unter allen Flüßigkeiten, die er versuchete, fand er keine, die das Licht so wenig wie Wasser bräche. Wachsöl war die leichteste unter allen, so wie zerflossene Spießglasbutter weit schwerer als jede andere; beyder eigene Kräfte verhalten sich fast wie 1 zu 3, da ihre brechenden Kräfte ohngefähr wie 1 zu 1, 16 sind [o]).

Ueberhaupt bemerket Hauksbee, daß Körper nicht nach dem Verhältnisse ihrer eigenen Schweren das Licht brechen, sondern daß es dabey noch auf eine ihnen eigene Beschaffenheit ankomme; ob diese in ihrer Brennbarkeit, oder in dem Besondern ihres innern Baues liege, weis er nicht zu sagen.

Terpentinöl, das mit messingenen Feilspänen stark grün gefärbt war, veränderte seine brechende Kraft gar nicht [p]).

Hooke von der scheinbaren Höhe der Berge.

Dr. Hooke äußerte zuerst den Gedanken, daß man bey der Berechnung der Höhe der Berge, auf die Strahlenbrechung der höhern und dünnern Luft in die niedrigere und größere, rechnen müsse. Diesem Umstande schreibt er die Verschiedenheit in den Angaben der Höhen einiger hohen Berge zu. Daß der Pik von Teneriffa

o) Hier ist die brechende Kraft des Wachsöles und der Spießglasbutter nach dem umgekehrten Verhältnisse der Sinus der Brechungswinkel angesetzt. K.

p) Haukſbee's experiments; p. 293.

rissa und sonst andere sehr hohe Berge, auf eine so große Weite, wie man sie wirklich sieht, gesehen werden können, weis er nicht anders zu erklären, als daher, daß der Gesichtsstrahl auf seinem Wege von der Spitze des Berges bis zum Auge sich krümmt. Darum, saget er, müssen alle Berechnungen, die den Weg des Strahles als eine gerade Linie ansehen, irrig seyn q).

Und dem Blinkern der Sterne.

Dr Hooke erkläret auch die Ursache des **Blinkerns der Sterne** recht gut, aus der unregelmäßigen und ungleichen Brechung der Lichtstrahlen, welche auch dem Rande der Sonne, des Mondes und der Planeten eine zitternde Bewegung gebe. Daß eine solche ungleiche Mischung der Theile der Atmosphäre Statt habe, beweist er aus der Verschiedenheit der Hitze und Kälte in der Luft. Man könne sich hiervon überzeugen, wenn man nach entfernten Gegenständen über einem Stücke heißes Glases hinsehe, welchem man doch wohl auf keine Art Ausdünstungen zuschreiben könne. Eben das bemerke man, wenn man sie durch die aufsteigenden Dünste vom Wasser betrachte r).

Erste Beobachtung des länglichten Sonnenbildes durchs Prisma.

In dieser Periode finde ich die erste Beobachtung einer besondern Wirkung der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen, bey dem Durchgange durch ein Prisma, obgleich erst Newton diese Begebenheit erkläret hat. Die Sache selbst hat **Grimaldi** bemerket, eben der, dem man die wichtige Entdeckung der Beugung des Lichtes zu danken hat. Er beobachtete, daß die Sonnenstrahlen, welche man durch ein Prisma gehen läßt, kein rundes, sondern ein ziemlich länglichtes Bild machten.

Diese merkwürdige Beobachtung machte er in dem Verfolge einiger Versuche, wodurch er beweiset, daß in einigen Fällen bloß durch Brechung, ohne Zurückwerfung, Farben entstehen. Sein erster Versuch, dieses zu beweisen, war der vom Vitellio, da man einen Lichtstrahl in einem dunkeln Zimmer auf ein mit Wasser gefülltes gläsernes Gefäß schief fallen läßt. Der zweyte Versuch war der eben angeführte mit dem Prisma, da der Lichtstrahl durch die doppelte Brechung beym Eingange und Ausgange aus einander gebreitet wird, welches er durch Figuren ganz wohl erkläret s). Wenn aber die zwey Seiten eines Glases parallel sind, so zeiget er, daß die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel und farbenlos seyn werden t).

Dieser Schriftsteller brauchet zwar den Ausdruck, daß ein Theil eines Lichtstrahles mehr gebrochen werde, als der andere. Damit meynet er aber nicht eine verschiedene Brechbarkeit der Strahlen, woraus der ganze Strahl bestünde. Er stellete sich bloß vor, das Licht sey auf derjenigen Seite dichter, wo es am wenigsten gebrochen wird, oder roth ist, und auf der andern, wo es am meisten gebrochen wird, dünner oder ausgedehnter.

Kostbarkeit der Prismen in den Morgenländern.

Daß Prismen oder gebrochene Stücken Glas das durchgehende Licht färben, ist vielleicht eine so alte Beobachtung, wie nur eine von Licht und Farben. Des-

q) Micographia, p. 236.
r) Ibid. p. 231.
s) de Lumine, p. 235.
t) Ibid. p. 272.
u) Ibid. p. 272.

cartes bedienete sich derselben, wie wir oben gesehen haben, zur Erklärung des Regenbogens. Die färbende Kraft der Prismen, wie man sie nennen möchte, giebt ihnen in den Morgenländern einen großen Werth. Pater Trigautius erzählet in der Beschreibung seiner Mission nach China, daß ein einziges Stück mit fünfhundert Goldstücken bezahlet sey, und daß der Käufer es noch mit großer Mühe dafür erhalten habe, weil es als eine Kostbarkeit angesehen werde, die nur regierenden Herren zukäme. Kircher erzählet eben dieses in seinem China illustrata v).

Ob man also gleich längst wußte, daß Prismen Farben erzeugen, so hatte man doch vor Grimaldi nicht auf die Veränderung der **Gestalt des Strahles** Acht gegeben. Dieser Italiänische Naturforscher, so wie auch andere nach ihm, glaubten inzwischen nicht anders, als daß die Lichtstrahlen auf eine oder andere Art durch die Theile des Prisma unregelmäßig zerstreuet würden. Dieses war freylich nichts gesagt. Allein weder er, noch sonst jemand, scheinen sich viel um die Sache bekümmert zu haben, weil sie geglaubet haben mögen, sie habe gar nichts auf sich. So liegt der Diamant in der Fabel, welchen der Hahn nicht achtete, unbemerkt da, bis ein Juwelier, der seinen Werth kennt, den Weg vorbey geht.

Anmerkungen von Brenngläsern.

Ich will diesen Abschnitt, über die Ereignisse bey der Strahlenbrechung, mit einigen Beobachtungen über die Wirkungen der **Brenngläser**, besonders von den Mitgliedern der Akademie del Cimento, beschließen. Es thut mir leid, daß ich in dieser Geschichte nichts mehr von diesen Männern werde anführen können. Diese ihre Versuche hatten die Absicht, auszumachen, welche Materien von Brenngläsern erhitzt zu werden am fähigsten sind. Sie beweisen, gegen die damals herrschende Meynung, daß weiße Körper, als feines Schreibepapier, feine Leinewand, dadurch angezündet werden könnten, so wie auch manche andere Materien, deren sie erwähnen, insbesondere Schießpulver; allein sie waren nicht im Stande, Weingeist damit anzuzünden w).

Diese letzte Beobachtung ist sehr merkwürdig. Man hat aber ferner keine Acht darauf gegeben, bis daß in den neuern Zeiten **Nollet** fand, daß selbst mit den stärksten Brennspiegeln und Brenngläsern keine einzige brennbare Flüßigkeit sich anzünden ließe.

Dr Hooke erzählete der Königlichen Gesellschaft, im Jahre 1664. daß er mit einer Linse von Eis zwar das Bild der Sonne auf seiner Hand entworfen, aber keine merkliche Hitze hätte hervorbringen können. Man bat ihn, den Versuch zu wiederholen, und zugleich eine Linse von Glas zu versuchen, ob diese bey derselben Witterung etwa Hitze hervorbringen würde. Wie der Versuch ausgefallen, oder ob er gar je gemacht sey, wird nicht gemeldet. Hätte Dr Hooke, oder einer von den Mitgliedern der Gesellschaft des Descartes Schriften genauer gekannt, so würden sie es nicht für nöthig gehalten haben, Linsen von Eis zu versuchen. Denn dieser Schriftsteller saget, daß Jakob Metius von Alkmar, eben der, dem er die Erfindung der Teleskope zuschreibt, und der sich mit Verfertigung von Linsen und Brenngläsern sehr beschäfftigte, bisweilen sie auch von Eis gemacht, und nicht unbrauchbar gefunden habe.

v) Acta Acad. Caes. vol. 8. p. 223.

w) Tentam. Florent. P. 2. p. 185.

Vierter Abschnitt.

Versuche die Beugung des Lichtes betreffend.

In der Ueberschrift dieses Abschnittes kömmt ein neuer Ausdruck in der Lehre vom Lichte vor, der eine neue, in dieser Periode entdeckte Eigenschaft der Lichtstrahlen bezeichnet; einer Eigenschaft, die zwar mit der Brechung und Zurückwerfung eine gemeinschaftliche, nur unter andern Umständen sich äußernde Ursache, zu haben scheint, aber dennoch, ohne wirkliche Erfahrung, schwerlich hätte mögen errathen werden. Wäre Descartes oder jeder anderer Naturkündiger vor dieser Periode gefragt worden, was einem Strahle begegnen würde, der vor einem Körper so nahe als möglich vorbey, ohne an ihn zu stoßen, gienge, so würden sie ohne das geringste Bedenken geantwortet haben, er müsse gerade fortgehen, ohne sich durch die Nachbarschaft des Körpers hindern zu lassen. Nun aber entdeckete man, daß ein Lichtstrahl, der bis auf eine gewisse Entfernung vor einem Körper vorbeyfährt, entweder von ihm weg, oder nach ihm zu gebrochen würde, also eine Art von unvollkommener Zurückwerfung oder Brechung litte. Diese Eigenschaft hies anfangs die Diffraction, dafür man jetzt durchgehends das Wort Inflection, oder Beugung, braucht; einen Ausdruck, den Newton eingeführet hat, dessen Versuche darüber, ob er sie gleich nicht zu Ende brachte, ganz besonders merkwürdig und wichtig sind.

Grimaldi und Hooke entdecken die Beugung des Lichtes.

Der erste, der die Diffraction oder Inflection des Lichtes entdeckete, war der Pater Grimaldi. Wenigstens hat er zuerst seine Entdeckung in der 1666 gedruckten Schrift, de lumine, coloribus et Iride, bekannt gemacht. Ich finde auch keinen sonst, der Anspruch darauf machte, außer Dr Hooke, der seine Beobachtungen hierüber der Königlichen Gesellschaft im J. 1672 vorlegte, einige Monate, nachdem Newton seine Entdeckung über die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes, derselben mitgetheilt hatte; und zwar um, wie es scheint, sein bey dieser Gelegenheit gethanes Versprechen zu erfüllen, daß er, bey der nächsten Zusammenkunft der Gesellschaft einige Einwürfe gegen Newtons Theorie vorbringen wollte. Doch muß Dr Hooke von Grimaldis Entdeckung nichts gewußt haben, weil er die seinige für eine Entdeckung einer neuen Eigenschaft des Lichtes ausgiebt, die von keinem optischen Schriftsteller bis dahin erwähnet worden [a]). Wirklich unterscheiden sich auch die Hookischen und Grimaldischen Versuche in den äußern Umständen so sehr, daß sein Angeben höchst wahrscheinlich ist.

In Betracht, daß Dr Hooke seine Beobachtungen unabhängig von des Grimaldi seinen, und vielleicht zu gleicher Zeit mit diesem gemacht hat, will ich sie, da sie lange nicht so vollkommen, als die genauern und wichtigern Beobachtungen des Italienischen Naturforschers sind, als eine Einleitung in diese letztere vorangehen lassen.

a) Birch's history, vol. 3. p. 10.

lassen. Denn diese verdienen etwas umständlich erzählt zu werden; weil kein Schriftsteller, so viel ich finde, ihnen Gerechtigkeit wiederfahren läßt.

Hookens erster Versuch.

Dr Hooke ließ, in ein völlig verfinstertes Zimmer, einen Sonnenstrahl durch ein sehr kleines Loch in einer messingenen Platte fallen, die in dem Fensterladen befestiget war. Dieser Strahl breitete sich in Gestalt eines Kegels aus, dessen Spitze in dem Loche, und dessen Grundfläche auf einem in einiger Entfernung gestellten Papiere, sich befand. An diesem von dem Papiere aufgefangenen Bilde der Sonne, war der innere Theil weit heller als der Rand; und rings herum war eine Art von dunkeln Halbschatten, ohngefähr den 16ten Theil des Durchmessers des Kreises breit. Dieser Halbschatten, sagte er, rühre von einer bisher noch nicht bekannten Eigenschaft des Lichtes her, welche er zu erklären versprach. Nach dieser Beobachtung ließ er durch ein anderes Loch, ohngefähr zwey Zoll von dem erstern, einen zweyten Lichtkegel herein fallen, und fieng beyde Kegel in einer solchen Entfernung von der Platte auf, daß ihre Grundflächen zum Theil auf einander fielen. Nun bemerkete er nicht allein einen Halbschatten oder dunkeln Ring um den hellern Kreis, sondern auch eine offenbare schwarze Kreislinie, und zwar selbst da, wo die Ränder der Kreise in einander liefen.

Da er den Durchmesser der Grundfläche des Kegels mit ihrer Entfernung von dem Loche verglich, fand er ihn gar nicht so, wie er hätte seyn müssen, wenn er von Linien, nach den Endpunkten des Sonnendurchmessers gezogen, begränzt gewesen wäre. Es veränderte sich derselbe, wenn die Größe der Oeffnungen und die Entfernung des Papiers verändert wurden.

Zweyter Versuch. fig. 32.

Diese Erscheinung reizte ihn, mehrere Versuche über die Beschaffenheit des Lichtes, wie es sich unter diesen Umständen verhielte, zu machen. Er hielt ein rundes Stück Holz, BB, das gar nicht polirt war, in den Lichtkegel, der durch das Loch O in den Fensterladen hereinfiel, so daß er damit einen Theil desselben auffieng. Darauf beobachtete er, daß der Schatten dieses dunkeln Körpers, an der Papierwand A P, worauf das Licht fiel, durchgängig etwas, am meisten aber nach dem Rande zu, erleuchtet war. Weil einige von den Zuschauern glaubeten, es könnte dieses innerhalb des Schattens befindliche Licht, durch eine Art von Zurückwerfung an der Seite dieses dunkeln Körpers, wegen seiner runden Gestalt, verursachet werden; und einige es einer Zurückstrahlung von der innern Fläche des Loches in der messingenen Platte zuschreiben wollten; so ließ er, um beyde Einwürfe wegzuräumen, das Licht durch ein Loch fallen, welches in ein Stück Pappe gebrannt war, und fieng es mit einem sehr scharfen Scheermesser auf. Die Erscheinung aber blieb wie zuvor, daß er also sie einer neuen, bisher noch nicht bemerkten Eigenschaft des Lichtes zuschrieb.

Den Versuch zu verändern, hielt er das Scheermesser so, daß es den Lichtkegel in zwey Theile schnitt, und stellete das Papier dergestalt, daß der erleuchtete Theil der Grundfläche darüber wegfiel, und bloß der durch das Wasser verdunkelte Theil davon aufgefangen wurde. Zu seinem großen Erstaunen beobachtete er nunmehr

mehr eine sehr lebhafte und sichtbare Erleuchtung[b]), deren Breite dem Durchmesser des hellen Kreises gleich war, sich nach einer auf die Schattenlinie senkrechten Richtung das Papier herunter zog, und wie der Schweif eines Kometen, mehr als die zehnfache, und vermuthlich mehr als die hundertfache Breite des übrigen Kreisstückes zur Länge hatte. Je weiter noch das abgebogene Licht von dem gerade fortgehenden abwich, desto schwächer war die Erleuchtung, die es verursachte.

Bey einer noch genauern Untersuchung dieser Erscheinung, fand er, daß, wo ein Theil des auffangenden Körpers vor den andern hervorragete, die Erleuchtung in dem Schatten ihm gegen über stärker ward; so wie durch eine Vertiefung in dem Körper ein schwarzer Strich in dem halb erleuchteten Schatten entstand. Aus allem diesen zog er die Folge, daß, gegen die bisherige Meynung der optischen Schriftsteller, das Licht die Eigenschaft habe, sich von dem geraden Wege ablenken zu lassen, wenn gleich das Mittel dasselbe bleibt.

Unser Naturforscher scheint diesen Versuch nicht weiter genutzt zu haben. Denn alles, was man nachher noch von ihm über das Licht vorgetragen findet, sind einige unreife Gedanken, welche er am 18 Merz 1675. der Gesellschaft vorlas, die ich aber doch, weil es nur kurze Anmerkungen sind, hier anführen will.

Hookens Theorie.

Sie bestehen aus acht Artikeln, und enthalten, seiner Meynung nach, Bemerkungen einiger, vorher noch nicht beobachteten Eigenschaften des Lichtes. 1. Es giebt eine **Ablenkung** (deflexion) des Lichtes, die sowohl von der Brechung als Zurückwerfung unterschieden ist, und von der ungleichen Dichte der Theile, welche den Lichtstrahl ausmachen, abzuhängen scheint, wodurch das Licht von der Stelle aus, wo es verdichtet war, zerstreuet und verdünnet, und allmählig bis zu einem rechten Winkel abgelenket wird. 2. Diese Ablenkung geschieht senkrecht, nach der Oberfläche des dunkeln Körpers zu. 3. Diejenigen Strahlen, welche am meisten abgelenket werden, geben das schwächste Licht; die, welche am wenigsten von dem geraden Wege abweichen, das stärkste. 4. Strahlen, welche sich in einer gemeinschaftlichen Oeffnung kreuzen, enthalten nicht gleiche Verticalwinkel. 5. Farben können ohne Brechung der Strahlen entstehen. 6. Der Durchmesser der Sonne läßt sich mit gemeinen Absehen nicht richtig messen. 7. Dieselben Lichtstrahlen, die auf denselben Punkt einer Sache fallen, werden bey veränderter Neigung der Sache alle Arten von Farben annehmen. 8. Farben zeigen sich, wenn zwey Erschütterungen des Lichtes so genau sich mit einander vermischen, daß das Gesicht sie für eine einzige hält[c]).

Grimaldis Versuche. fig. 33.

Nach dieser kurzen Erzählung der sinnreichen, aber unvollkommenen Versuche von Dr Hooke, gehe ich zu den wichtigern, welche **Grimaldi** gemacht hat. Dieser ließ durch ein kleines Loch A B in ein verfinstertes Zimmer einen Strahl fallen, der sich in einen Kegel ausbreitete, dessen Grundfläche C D ist. Ward ein dunkler Körper

b) Im Engl. a very brisk and visible radiation. Nämlich, weil die Empfindung des geringen Lichtes in dem schattichten Theile durch keine daneben befindliche starke Erleuchtung geschwächt ward. K.

c) Hooke's posthumous works, p. 190.

Körper, FE, in einer beträchtlichen Entfernung von dem Loche, in diesen Lichtkegel gehalten, und der Schatten auf einem weißen Papier aufgefangen, so war er weder innerhalb des Hauptschattens GH, noch des Halbschattens IL begränzt, sondern erstreckte sich von M nach N. Dieses setzte ihn in nicht geringe Verwunderung, als er nicht allein vermuthete, sondern auch durch Berechnung fand, daß der Schatten beträchtlich breiter war, als er hätte seyn können, wenn die Lichtstrahlen an dem Rande des Körpers gerade vorbey gegangen wären.

Das abgebogene Licht wird farbicht.

Allein der merkwürdigste Umstand bey dieser Erscheinung war dieser, daß auf den erleuchteten Theilen der Grundfläche, CM, ND, farbichte Lichtstreifen ganz deutlich zu sehen waren, deren jeder auf der Seite nach dem Schatten zu durch Blau, auf der andern durch Roth begränzt war. Diese Lichtstreifen verschwanden, wenn die Oeffnung zu groß war. Sie waren nicht alle gleich breit, sondern die von dem Schatten entferntern waren schmäler. Mehr als drey bemerkte er niemals.

fig. 34.

Zu mehrerer Deutlichkeit entwarf er eine Vorstellung davon, welche in fig. 34. abgezeichnet ist, wo NMO den breitesten und hellesten Streifen vorstellt, zunächst an den dunkeln Schatten X. In dem mit M bezeichneten Raume zeigete sich keine Farbe, aber der Streifen NN war blau, und der OO, auf der andern Seite war roth. Der zweyte Streifen QPR war schmäler als der erstere, und hatte in dem mittleren Theile keine Farbe, aber der Raum QQ zeigete ein blasses Blau, der RR ein blasses Roth. Der dritte Streifen TSV war den beyden ersten völlig ähnlich, nur schmäler als alle beyde, und noch blässer gefärbt [d)].

fig. 35.

Die farbichten Streifen liefen mit der Schattengränze des dunklen Körpers parallel: nur wenn sie Winkel hatte, bogen sie sich, anstatt gleiche Winkel zu machen, in eine krumme Linie, so daß die äußern runder als die innern waren, wie es die fig. 35. darstellt. War es ein einwärts gehender Winkel, wie DCH, so kreuzten sich die mit den beyden Schenkeln parallelen Streifen einander, ohne sich auszulöschen. Bloß die Farben wurden dadurch entweder stärker oder gemischt.

Farbichte Streifen innerhalb des Schattens.

Daß das Licht dieser Streifen **von dem Körper abwärts** gebogen seyn müsse, wird man leicht einsehen. Unser aufmerksamer Beobachter hat uns aber auch eine Nachricht von andern Erscheinungen gegeben, welche durch Licht, das **nach dem Körper zu** gebogen worden, verursacht seyn müssen. Denn bisweilen sahe er innerhalb des Schattens selbst dergleichen farbichte Streifen, wie die an der Außenseite des Schattens waren; zu einer Zeit mehrere, zur andern weniger. Hierzu ward aber ein sehr starkes Licht erfordert, und der dunkle Körper mußte lang und mäßig breit seyn. Dieses, saget er, finde man leicht durch Versuche. Ein Haar, z. E. oder eine feine Nadel, war dazu nicht so schicklich, als eine dünne schmale Platte. Die Streifen waren deutlicher zu erkennen, wenn der Schatten so weit als möglich vom Körper aufgefangen ward. Dagegen war aber das Licht alsdenn in demselben Verhältnisse schwächer.

Die

d) Grimaldi de lumine, p. 2.

Die Anzahl dieser Streifen innerhalb des Schattens war desto größer, je breiter die Platte war. Es waren ihrer wenigstens zween, bisweilen auch vier, wenn er sich eines dickern Stabes bedienete. Bey einerley Platte oder Stabe kamen mehr oder weniger Streifen zum Vorscheine, nachdem die Entfernung, in welcher der Schatten aufgefangen ward, größer oder kleiner war. Je weniger ihrer waren, desto breiter waren sie, und desto schmäler, je mehrere erschienen. In allen Fällen waren sie weit kenntlicher, wenn das Papier schief gehalten ward.

Diese farbichte Streifen innerhalb des Schattens waren, so wie die an der Außenseite, in Bogen um und innerhalb der Winkel des Schattens gekrümmet. Zwischen einem einwärts- und auswärtsgehenden Winkel, wie zwischen D und C, waren noch andere kürzere Lichtstreifen zu sehen, die fast in Form einer Feder gebogen waren. Diese Winkelstreifen erschienen, wenn auch die Platte oder das Stäbgen nicht ganz, sondern nur mit der Ecke in den Lichtstrahl gehalten ward. Ihre Anzahl richtete sich nach der Breite der Platte oder des Stäbchens. Bey sehr dünnen Platten oder Stäbchen konnte man die Streifen von den gegen über liegenden Seiten des Schattens sich umbiegen und sich vereinigen sehen. Bey A ist der Schatten nebst den Lichtstreifen nur abgebrochen. Sonst bemerket er noch, daß die farbichten Streifen außerhalb des Schattens, auf dieselbe Art, sich um ihn herumbogen.

fig. 36.

Unser Verfasser gesteht, daß er verschiedene nicht so wichtige Beobachtungen vorbeylasse, die einem jeden, der den Versuch mit gebogenem Lichte machen werde, leicht in die Augen fallen würden. Er könne auch dasjenige, was er zu beschreiben gesuchet habe, nicht vollkommen deutlich machen, und es sey auch wohl durch Worte nicht möglich.

Anderer Versuch.

Um es noch mehr zu bestärken, daß die Lichtstrahlen nicht immer gerades Weges fortgehen, sondern, indem sie an dem Rande eines Körpers vorbeyfahren, wirklich gebogen werden, veränderte er den zuerst angeführten Versuch folgendermaßen: Wie vorher, ließ er, durch eine sehr kleine Oeffnung, einen Lichtstrahl in ein verfinstertes Zimmer fallen, und befestigte, in einer großen Entfernung, eine Platte, EF, mit einer kleinen Oeffnung, GH, welche nur einen Theil des Strahls durchließ. Hier fand er, wenn der durchgelassene Strahl, in einiger Entfernung, auf einem weißen Papiere aufgefangen ward, daß die Grundfläche IK weit größer war, als sie es hätte seyn müssen, wenn die Strahlen in gerader Linie durch die Oeffnungen gegangen wären, wie es die andern, an den Ecken dicht vorbey gezogenen Linien, deutlich zeigen. e)

fig. 37.

Regeln bey diesen Versuchen.

Damit diejenigen, welche diese Versuche zu wiederhohlen Lust haben, ihre Erwartungen nicht betrogen finden mögen, giebt unser Verfasser folgende umständliche Vorschriften. Das Sonnenlicht muß sehr stark, und die beyden Oeffnungen, welche das Licht durchlassen, müssen sehr klein seyn, besonders die erstere, CD; auch muß das weiße Papier, welches das Licht auffängt, ziemlich weit von der Oeffnung GH gestellet werden, weil sonst die Breite des Strahls IK nur wenig größer als NO seyn

e) Grimaldi de lumine, p. 9.

seyn würde, wenn er durchaus nach der geraden Linie fortgienge. Gewöhnlich nahm er die Oeffnung CD $\frac{4}{300}$ oder $\frac{5}{300}$ eines alten römischen Fußes, und die GH $\frac{25}{300}$ oder $\frac{30}{300}$ weit. f) Die Entfernungen DG und GN waren wenigstens 12 Fuß groß. Die Beobachtungen geschahen zur Sommerszeit, Mittags, bey einer von Dünsten freyen Luft. g)

Grimaldi machete auch den Hookischen Versuch, da zwo Lichtstrahlen durch zwey einander nahe Oeffnungen gelassen wurden, und die Grundflächen der Lichtkegel zum Theil auf einander fielen. Er bemerket noch das insbesondere dabey, daß der schwarze Rand einer jeden auch auf dem hellen Theile der andern kenntlich war. h)

Beobachtungen des Dechales.

Diesen vom Grimaldi gemachten Versuchen will ich noch einen vom Dechales beyfügen, welcher an einem Stücke polirten Metalls, worauf kleine Ritzen gekrätzet waren, bemerkete, daß es die Sonnenstrahlen, in einem dunkeln Zimmer, buntfleckigt zurück warf; als welches sich auf einem Papiere, damit die Strahlen aufgefangen wurden, zu erkennen gab. i) Daß diese Farben durch keine Brechung entstehen, beweist er daher, weil sich dasselbe ereignet, wenn man die Ritzen auf Glas machet. Wäre das Licht an der Oberfläche des Glases gebrochen worden, so würde es durchgegangen seyn. k) Aus diesem, und vielen andern Versuchen, zieht er die Folge, daß die Farben nicht bloß von der Brechung, so wie auch nicht von vielen andern Umständen, abhangen, die er einzeln durchgeht, und nach ihren Wirkungen auseinander setzet, sondern allein auf die innere Stärke (intensity) des Lichts ankomme. l)

Die sehr unvollkommenen Einsichten und Schlüsse der Naturforscher dieses Zeitraumes verschaffen uns dennoch eine angenehme und lehrreiche Unterhaltung. Man lernet daraus, daß es gar nicht nöthig sey, richtige Einsichten und eine wahre Hypothese, a priori, zu haben, um Entdeckungen von wirklichem Werthe zu machen. Sehr gebrechliche und unvollkommene Theorien sind vermögend, nützliche Versuche zu veranlassen, wodurch diese Theorien verbessert, und richtigere an die Hand gegeben werden. Diese leiten alsdenn zu ferneren Versuchen, die uns der Wahrheit immer näher bringen; eine freylich langsame Näherungsmethode, bey der wir uns aber noch glücklich schätzen müssen, wenn wir dadurch wirklich weiter kommen. Als Geschichtschreiber freue ich mich insbesondere, daß die Naturkündiger des Zeitraumes, den ich itzt abgehandelt habe, ihre Schriften eher herausgegeben haben, als ihre Theorien verworfen worden sind. In dem entgegen gesetzten Falle möchten sie uns wohl nie bekannt geworden seyn. Itzt aber sind wir besser im Stande, ihre Gedanken zu fassen, und den Zusammenhang ihrer Voraussetzungen und Versuche zu übersehen.

Der

f) Der alte römische Fuß verhält sich, aus verschiedenen Bestimmungen, ins Mittel genommen, zum Pariser, wie 1317 zu 1440. also zum Rheinländischen, wie 1317 zu 1391. K.

g) Grimaldi de lumine, p. 10.

h) Ibid. p. 187.

i) Cursus, vol. 3. p. 726.

k) Ibid. p. 738.

l) Ibid. p. 739.

Der Hauptgegenstand des P. Grimaldi in seinem ganzen Buche ist die Entscheidung der damals höchst wichtigen Frage, dieser nämlich: ob das Licht eine Substanz oder Qualität sey. Nach einer sehr weitläuftigen Untersuchung, einen enge gedruckten Quartband, von 535 Seiten hindurch, tritt er der Meynung der Aristoteliker bey: daß das Licht keine wirkliche Substanz, sondern blos ein Modus oder eine Eigenschaft der Körper sey; oder, um seine eigene Ausdrücke zu behalten, das Licht ist nicht eine qualitas substantialis, sondern accidentalis. Doch es ist meine Absicht nicht, die Fehltritte großer Männer zu rügen, sondern ihre gemeinnützigen Arbeiten zu erzählen.

Wofür Grimaldi das Licht hält.

Ich will hier mit einer Anmerkung über ein vom de la Hire beobachtetes Ereigniß beym Sehen beschließen, weil der Inhalt dieses Abschnittes, nämlich die Beugung des Lichtes, die wahre Erklärung desselben an die Hand zu geben scheint, wenn gleich de la Hire einer andern Meynung ist. Man bemerket, saget er, wenn man ein Licht oder einen andern leuchtenden Körper mit fest geschlossenen Augen ansieht, daß von demselben Lichtstrahlen, nach verschiedenen Richtungen, auf eine ziemliche Weite, fast wie der Schweif eines Kometen, ausfahren. Diese Erscheinung suchten sowohl Descartes und Rohault, als de la Hire zu erklären, wiewohl sie die wahre Ursache nicht scheinen getroffen zu haben. Descartes schreibt sie gewissen Runzeln auf der Oberfläche der Feuchtigkeiten des Auges zu. Rohault glaubet, daß die Ränder der Augenlieder in diesem Falle wie Convexgläser wirken; und de la Hire, daß die Feuchtigkeit auf der Oberfläche des Auges, welche sich theils an das Auge selbst, theils an den Rand des Augenliedes hängt, einen Hohlspiegel bildet, dadurch die Strahlen bey ihrem Eingange ins Auge zerstreuet werden. Die wahre Ursache aber scheint wohl diese zu seyn, daß das Licht in dieser Lage des Auges, zwischen den Augenwimpern durchgeht, indem es daran vorbeystreift, eine Beugung leidet, und deswegen nach mancherley Richtungen ins Auge kömmt. Die beyden ersten der angeführten Meynungen werden vom Grimaldi umständlich untersuchet und bestritten. m)

Ursache der bisweilen von einem Lichte ausfahrenden Strahlen.

Fünfter Abschnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen das Sehen betreffend.

Die Beschaffenheit des Sehens ist in diesem Zeitraume durch so viele und mancherley Bemerkungen und Entdeckungen erläutert worden, daß ich es für schicklich halte, meine Nachrichten davon in einige Kapitel abzutheilen. Bey der Menge und Verschiedenheit dieser Beobachtungen ereignet sich noch das Besondere, daß sie fast alle in einem einzigen Lande, nämlich in Frankreich, gemachet sind, das in diesem Zeitraume einige scharfsinnige Männer hatte, welche die Lehre vom Sehen mit Fleiße bearbeiteten; vorzüglich die Herren de la Hire, Mariotte und Petit.

m) Grimaldi de lumine, p. 392.

Erstes Kapitel.

Entdeckungen, welche den Bau des Auges angehen.

Petits Beobachtungen.

Vorzüglichen Fleiß wandte auf die Zergliederung des Auges Petit, dessen Beobachtungen, weil sie zum Theil für die Theorie des Sehens wichtig sind, hier den Anfang machen sollen.

Ueber die Aderhaut.

Eine alte Bemerkung ist es, daß die Aderhaut im menschlichen Auge schwarz ist, aber die Veränderungen der Farbe, welche sie leidet, hatte man vor dem Petit nicht beobachtet. Dieser fand, daß sie an Kindern, auf der Seite der Netzhaut, vollkommen braun erscheint, aber mit den Jahren heller wird. [a])

Die Traubenhaut

Den Vesalius ausgenommen, hatten alle Zergliederer nach Galenus geglaubet, daß die Traubenhaut an Menschen erhaben wäre; allein Petit folgerte aus vielen mit Fleiß angestellten Untersuchungen, daß sie völlig flach ist. [b])

und die Krystalllinse.

Eben derselbe hat über die krystallene Feuchtigkeit, sowohl an Menschen als Thieren, eine Menge sehr brauchbarer Untersuchungen geliefert. An Schlangen und Fischen fand er sie fast kugelrund; aber linsenförmig an allen andern Thieren, die er unter Händen gehabt hatte. Die Vorderfläche war nie so erhaben, als die Hinterfläche. [c])

Die Linse ist um die Mitte dichter.

An allen Thieren wird, wie Petit bemerkete, die krystallene Feuchtigkeit mit den Jahren fester. In neugebohrnen Kindern ist sie wie eine kalte Gallerte. Im funfzehnten oder zwanzigsten Jahre ist sie von einem gleichförmig dichten Gewebe, nimmt in der Folge zwar an Festigkeit beständig zu, wird aber doch in der Mitte höher als nach dem Umfange hin. Im Menschen ist sie nicht so dichte, als in Vögeln, vierfüßigen Thieren und Fischen, die je, so wie sie genannt sind, eine festere krystallene Feuchtigkeit haben. In den Fischen ist der innere Theil fast so hart wie Horn; aber dagegen ist der äußere Theil weicher als sonst in jedem andern Thiere, nur eine schleimichte Substanz.

Ursache davon.

Die Ursache, warum die krystallene Feuchtigkeit in der Mitte am dichtesten ist, hat in den neuern Zeiten Dr. Porterfield sehr wohl erkläret. Die Lichtstrahlen, saget er, welche zunächst dem Rande derselben auffallen, werden wegen der größern Schiefe stärker gebrochen, als diejenigen, welche um die Mitte näher bey der Axe auftreffen. Darum wird der Vereinigungspunkt der letztern entfernter seyn als der erstern, so, daß sie unmöglich alle auf einem Punkte der Netzhaut, wie es zum deutlichen Sehen erfodert wird, zusammen kommen können. Die daraus entstehende Undeutlichkeit zu vermeiden, ist die Linse in der Mitte dichter und fester angeordnet, damit die nahe bey der Axe auffallenden Strahlen, wegen der stärkern Brechung in diesem Kerne, nach einem nähern Punkte hinter der Linse hin gebrochen werden, und sich mit den andern Strahlen, welche um den Rand herum auffallen, vereinigen

a) Mem. de l' acad. de Paris, 1726. p. 109. ed. d' Holl.
b) Mem. de l' acad. de Paris 1728. p. 295.
c) Ibid. 1730. Hist. p. 45.

vereinigen mögen. Die Fische haben in ihrer krystallenen Feuchtigkeit einen weit dichtern Kern, als die Landthiere, weil sie an ihnen fast kugelrund ist, und die Vereinigungspuncte der nahe bey der Axe und am Rande auffallenden Strahlen weit mehr von einander sonst abweichen würden, als bey den Landthieren, die eine linsenförmige krystallene Feuchtigkeit haben. [d])

Daß bey zunehmendem Alter die krystallene Linse im Menschen flächer wird, war schon sonst bekannt; aber **Petit** beobachtete, daß sie alsdenn auch ihre **Farbe** ändert. Von der Geburt bis ins 25ste Jahr fand er sie vollkommen durchsichtig; nach dieser Zeit bekömmt sie in der Mitte eine gelbliche Farbe, die immer dunkler wird, und sich je mehr und mehr nach dem Umfange hin verbreitet. Er bekam die beyden Linsen von einer 81 Jahre alt gewordenen Person zu sehen, die dem schönsten Agtsteine glichen. Auch bemerkete er, daß die gelbe Farbe der krystallenen Linse mit ihrer Härte zunimmt. [e])

Veränderung ihrer Farbe.

Leeuwenhoek entdeckte an der krystallenen Linse, nachdem sie trocken geworden, eine Menge übereinander liegender, dünner concentrischer Blättgen oder Schuppen, deren er von der Mitte bis zum Umfange auf 2000 in einer einzigen Linse rechnet. Jede dieser Schuppen besteht, wie er gefunden haben will, aus einem einzigen Fäserchen, oder sehr feinen Faden, der auf die wunderbarste Weise hinauf und herunter gewunden ist, so, daß er verschiedene Umläufe, mit eben so viel Mittelpunkten, machet, ohne daß sich diese mit einander verwirreten, oder sich kreuzeten.

Ihr Gewebe.

An Ochsen, Schafen, Schweinen, Hunden und Katzen vollendet der Faden drey Umläufe, jeden mit einem Mittelpunkte; an Wallfischen fünfe; an Hasen und Kaninchen nur zween. Auf der ganzen Oberfläche der krystallenen Linse eines Ochsenauges zählet er mehr als 12000 Fäserchen. [f])

Daß die Linse aus concentrischen Blättchen zusammengesetzet sey, wie Leeuwenhoek behauptet hatte, bestätigte Petit durch eine sorgfältige Zergliederung, besonders aber durch die Zertrennung dieser Blättchen in sauren Flüßigkeiten. [g])

Während dieser Untersuchungen, vorzüglich bey der Zergliederung der Augen junger Thiere, fand er die Linse fast immer weiß und undurchsichtig, ob sie gleich sich an dem Thiere in seinem Leben so nicht gezeiget hatte. Endlich bemerkete er, daß diese undurchsichtige Linsen durch die Wärme seiner Hand dursichtig wurden, und konnte sie, so oft er wollte, durchs Erwärmen und Abkühlen, wechselsweise durchsichtig oder undurchsichtig machen. [h])

d) Porterfield, on the eye, vol. 1. p. 439.

e) Hist. de l' acad. de Paris. 1730. p. 47.

f) Porterfield, l. c. p. 442. (Das blätterichte Gewebe, oder die zwiebelartige Structur der Linse ist schon vor Leeuwenhoek entdecket. Zinn p. 131. Die Art, wie die Lamellen aus Fäserchen gewunden sind, kann man nicht wohl aus Beschreibung begreifen. Leeuwenhoek hat sie in den Arcanis naturae detectis, p. 65. seqq. (Lugd. Bat. 1722) durch Zeichnungen ziemlich deutlich gemacht. Wie im menschlichen Auge die Fibern der Lamellen gewunden seyn, ist nicht bekannt. Zinn p. 133. Leeuwenhoek hat seine Beobachtungen nur an Thieraugen gemachet. K.)

g) Hist. de l' acad. de Paris. 1730. p. 48.

h) Hist. de l' acad. de Paris 1728. p. 16. (Ist weder daselbst, noch sonst zu finden. K.)

Kapsel der Linse

Die Kapsel der Linse fand Petit immer durchsichtig, selbst an solchen Personen, die den Staar gehabt hatten. Sie wird auch in keinen Salzauflösungen undurchsichtig wie die Linse. [i]) Er glaubte entdecket zu haben, daß die Linse mit ihrer Kapsel keine Verbindung hätte, sondern in der darinnen enthaltenen Feuchtigkeit frey schwömme. [k]) Allein dies hat Albinus durch genauere Untersuchungen widerleget. Dieser entdeckete, daß die Linse allerdings mit ihrer Kapsel durch einige Gefäße verbunden ist, die durch kleine Oeffnungen der Kapsel gehen, und in den Rand der Linse eintreten, von da sie sich über das Hintertheil derselben verbreiten. Dabey bemerket er noch, daß die Central-Pulsader, welche durch die glasartige Feuchtigkeit geht, sich an der Hinterfläche der Kapsel in viele Zweige theilet, nnd einige derselben in die innern Theile der Linse sendet. Durch diese Gefäße wird sie sowohl befestiget als ernähret. [l])

Warum neugebohrne Kinder nicht gut sehen.

Daß Kinder einige Zeit lang nach der Geburt nur sehr unvollkommen sehen, ist bekannt. Petit fand, nach einer mühsamen Untersuchung, daß die Ursache in der Dicke ihrer Hornhaut und in dem kleinen Vorrathe der wässerichten Feuchtigkeit liege. Nicht daß die Dicke der Hornhaut allein diese Wirkung haben könnte, sondern weil diese Dicke von der Schlaffheit der Hornhaut entsteht, dadurch ihre Oberfläche runzlicht und uneben wird, und das Licht unordentlich bricht. Daher ist die Hornhaut auch nicht erhaben genug, um die Strahlen zu ihrem rechten Vereinigungspuncte zu bringen. Alle diese Mängel werden aber, wie er zeiget, durch die Vermehrung der wässerichten Feuchtigkeit gehoben. [m])

Diese Unvollkommenheit des Gesichts an Kindern erkläret Petit aus dem Drucke, den ihre Augen in dem Liquor leiden, der sie im Mutterleibe umgiebt. Er stellete hierüber an mancherley neugebohrnen Thieren, als Hunden, Katzen, Kaninchen, Kälbern und Schweinen Versuche an, bey denen er insgesammt die Hornhaut dick und schlaff, und wenig von der wässerichten Feuchtigkeit fand.

Von der membrana pupillari.

Außer der Wenigkeit, und der von einigen auch angeführten Undurchsichtigkeit der wässerichten Feuchtigkeit, könnte bey neugebohrnen Kindern das Sehen auch durch die Ueberbleibsel der membrana pupillaris, einer Production der Traubenhaut, welche den Stern der Frucht im Mutterleibe verschließt, verhindert werden. Diese Haut ward zuerst von Dr. F = = s S = = s, nach Dr. Hunters Angabe [n]) entdecket; aber auch von den Herren **Wachendorf**, von **Haller** und **Albinus**. Hr von Haller saget, die Zeit, da diese Membrane verschwindet, sey ungewiß, aber in einer zur Reise gekommenen Leibesfrucht sey sie gewiß nicht anzutreffen. [o]) Eine Nachricht von der Entdeckung dieser Haut durch Albinus findet man im Muschenbroeks Introductio vol. 2. p. 779. [p])

Zu

i) Herr von Haller hat die Kapsel doch bey einem Staare an Menschen und Thieren mehrmals undurchsichtig gefunden. Physiol. T. V. p. 404. K.

k) Hist. de l' acad. de Paris. 1730. p. 50.

l) Musschenbroek introd. vol. 2. p. 754.

m) Hist. de l' acad. de Paris. 1727. p. 14.

n) Hunter's medical commentaries, part. 1. p. 63.

o) Opuscula, p. 342. (Keine Spur davon, Physiol. T. V. p. 373. K.)

p) Die Sache geht zwar eigentlich die Anato-

Zu der Erzählung dieser Bemühungen, den Bau des Auges und die Beschaffenheit des Sehens zu erklären, füge ich noch hinzu, daß **Huygens** die Verfertigung eines **künstlichen Auges**, wo nicht zuerst unternommen, doch angegeben hat, um dadurch die vornehmsten Ereignisse beym Sehen, und besonders die Ursachen der Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit, anschauend zu erläutern. Eine Zeichnung und Beschreibung findet man in seiner Dioptrik. S. 112. q)

Huygens künstliches Auge.

Zweytes Kapitel.

Geschichte des Streits über den eigentlichen Sitz des Sehens.

Keine Frage in der Lehre vom Sehen ward in diesem Zeitraume, und, wie man sagen kann, in jedem andern, so sehr untersuchet, als die von dem eigentlichen Sitze oder **Werkzeuge des Sehens.** In ältern Zeiten sah man, wie oben erzählet ist, die **krystallene Linse** dafür an. Allein sie hatte, wenn sie gleich in der Mitte des Auges, dem besten Orte zur Beobachtung nach Porta, gelegen ist, einem allgemeinen Ausspruche zufolge, ihre Anfoderungen der **Netzhaut** abtreten müssen, deren Rechte viele Jahre hindurch von allen Naturforschern für ganz unstreitig gehalten wurden. Am wenigsten ließ man sich aber einfallen, daß die hinter ihr liegende **Aderhaut** jemals als der Sitz des Sehens in Vorschlag kommen sollte, welches auch wohl nie geschehen seyn würde, wenn nicht ein besonderer Versuch vom **Mariotte**, der diese Meynung zuerst aufbrachte, die Veranlassung gegeben hätte. Sein Grund war, daß er fand, ein Theil der Netzhaut, nämlich die Stelle, wo der Sehenerve eintritt, sey gegen den Eindruck des Lichtes unempfindlich. Denn wenn das Bild eines Gegenstandes auf diese Stelle in das eine Auge fällt, so kann man ihn, wenn das andere zugeschlossen wird, nicht sehen.

Mariotte suchet den Sitz des Sehens auf der Aderhaut.

Mariotte hatte bey Zergliederung von Menschen und Thieren oft bemerket, daß der Sehenerven nicht der Pupille gerade gegenüber eintritt, das ist, da wo das Bild einer Sache, die man gerade vor sich sieht, hinfällt, sondern bey den Menschen an einer etwas höhern Stelle, seitwärts nach der Nase zu. Also nahm er sich vor, den Grund dieser Einrichtung zu erforschen, und das Bild einer Sache auf diese Stelle

Versuch zum Beweise.

Anatomiker an. Weil aber doch der Streit über dieß kleine Häutchen ziemlich lebhaft geführet zu seyn scheint, so will ich hier des Herrn von Haller Nachricht von der Entdeckung des Häutchen aus seiner Physiol. T. V. p. 373. hersetzen. Er sagt, Wachendorf habe sie 1740 zuerst beschrieben; er selbst habe sie nicht sogleich, da er sie gefunden, erkannt, aber darauf sie näher untersuchet, und eine Zeichnung davon bekannt gemachet. Albinus behaupte zwar, daß er sie schon viel früher entdecket, und 1737. sie in Kupfer stechen lassen; doch hätte er sie seinen Schülern nicht gezeiget, in deren häufigen Schriften vom Auge nichts davon erwähnet werde. Er könne also, so wenig wie Wachendorf, davor, daß ihnen die frühern Ansprüche des Herrn Albinus unbekannt gewesen seyn. K.

q) Eine Anweisung, ein künstliches Auge zu drechseln, welches den Bau des natürlichen sehr deutlich darstellet, findet man in Herrn Häselers Betrachtungen über das menschliche Auge, am Ende. K.

Stelle fallen zu lassen, um zu sehen, was sich dann ereignen würde. Zu dem Ende befestigte er an einer dunkeln Wand, ungefähr in der Höhe seines Auges, ein rundes Papierchen, um ihm zu einem festen Gesichtspunkte zu dienen. Rechter Hand desselben befestigte er ein ander solches Papierchen, etwa zween Fuß von jenem, aber ein wenig nidriger, damit das Licht von diesem zweyten Stücke den Sehenerven seines rechten Auges treffen möchte, indem das linke geschlossen wäre. Darauf stellete er sich dem ersten Papierchen gerade gegen über, gieng nach und nach, indem er es immer unverwandt mit dem rechten Auge ansah, zurück; worauf ihm, als er etwa 10 Fuß zurück gegangen war, das zweyte Papier völlig verschwand. [a])

Der schiefen Stellung des Papiers gegen sein Auge, saget er, konnte dieses nicht zugeschrieben werden, weil er noch andere, mehr seitwärts liegende Sachen, sehen konnte. Es war, als wenn das zweyte Papier plötzlich weggenommen wurde. Er wiederhohlte den Versuch mit veränderter Entfernung der Papiere und seines Auges; nahm ihn auch mit dem linken Auge auf eine ähnliche Art vor. Er zweifelte also nicht, die Ursache des Verschwindens liege im Gesichtsnerven, an der Stelle, wo die Aderhaut fehlet. Der Versuch trifft auch bey andern Personen zu, nur nicht genau in derselben Entfernung.

Picards Art, den Versuch zu machen.

Picard veränderte diesen Versuch so, daß er eine Art angab, wie man eine Sache verschwinden machen kann, wenn man gleich beyde Augen offen hat. An einer Wand befestigte er ein rundes weißes Papier, ein oder zween Zolle groß, und daneben an jeder Seiten, etwa zween Fuß davon, und ein wenig höher, ein Zeichen; stellete sich darauf gerade vor das Papier, 9 oder 10 Fuß davon, und hielt das Ende des Fingers beyden Augen gegen über, so, daß es dem rechten Auge das Zeichen linker Hand, und dem linken Auge das Zeichen rechter Hand verdeckete. In dieser Stellung blieb er unbeweglich, sah mit beyden Augen auf das Ende des Fingers, und nun verschwand ihm das gar nicht verdeckete Papier gänzlich. Dieses, saget er, ist desto wunderbarer, weil, außer dieser besondern Zusammentreffung der Gesichtsnerven, dabey man nichts sieht, das Papier doppelt erscheint, wie es sich ereignet, wenn man den Finger nicht recht hält. [b])

Leichtere Art.

Mariotte bemerket, daß dieses Verfahren zwar sinnreich, aber schwer sey, weil die Augen, welche auf einen nur 4 Zolle entfernten Gegenstand gerichtet sind, zu sehr angestrenget werden. Deswegen schlägt er folgendes leichteres und nicht weniger auffallendes vor. Man befestige an einer schwärzen Wand zwey runde Stücke weißes Papier, gleich hoch, drey Fuß von einander; stelle sich gegen ihnen über, 12 bis 13 Fuß davon; halte den Daumen, etwa 8 Zolle weit, zwischen beyde Augen, so daß er dem rechten Auge das Papier linker Hand, und dem linken Auge das Papier rechter Hand verdecke. Sieht man nun steif auf seinen Daumen, so werden beyde Papiere verschwinden, weil beyde Augen eine solche Lage haben, daß jedes das Bild

a) Smith's Opticks, Remarks, p. 6. (d. d. Ausg. S. 367.) Oeuvres de Mariotte, p. 496. (Der Versuch ist 1668. vor dem Könige von England, gemacht. Birch. T. 2. p. 281. Halleri Phys. T. 5. p. 470. K.)

b) Oeuvres de Mariotte, p. 506.

Bild des einen Papiers auf dem Eintritte des Sehenervens empfängt, und ihm das andere durch den Daumen verdecket wird. [c])

Le Cat verfolgte diesen lehrreichen Versuch noch etwas weiter als Mariotte. Anstatt des zweyten Papiers nahm er ein großes weißes Brett, und fand, daß in einer gewissen Entfernung ein kreisrunder Raum darauf sich verlohr. Er beobachtete auch die Lage und Größe des unter diesen Umständen verschwindenden Papiers, und die Entfernungen, worinnen er verschwand, und setzete dadurch verschiedenes, die Einrichtung des Auges in diesem Stücke betreffend, in mehreres Licht. So fand er, daß der Eintritt des Nervens in seinem Auge der Augenaxe um $\frac{1}{7}$ näher war, als in Mariottens seinem. Er berechnet auch daher die Größe der unempfindlichen Stelle im Auge, und findet sie nicht größer als einen kleinen Nadelknopf, nämlich $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ einer Linie. [d])

Le Cats Versuche.

Einen sehr genauen Versuch zur Bestimmung der Größe und Lage des unempfindlichen Fleckes im Auge, machete Hr Daniel Bernoulli. [e]) Er legete eine silberne Münze auf den Boden eines Zimmers, nahm ein Pendel, davon er das eine Ende an das rechte Auge hielt, und das andere fast den Boden berühren ließ. Bey verschlossenem linken Auge sah er mit dem rechten längst dem Pendel herunter, und beobachtete, indem er sich von dem Geldstücke linker Hand hin entfernete, mehrere Stellen auf dem Boden, wo ihm das Stück unsichtbar, und andere, wo es wieder sichtbar ward. Dies gab eine fast elliptische Figur, von der Beschaffenheit, daß, wenn die Seheaxe innerhalb derselben fiel, die Münze aus dem Gesichte sich verlohr. Aus den Abmessungen derselben, und den andern hiebey vorkommenden Größen, folgerte Hr B., daß der unempfindliche Fleck im Auge ein Kreis sey, dessen Durchmesser der siebente Theil des Durchmessers des Augapfels ist, und dessen Mittelpunkt, von dem der Oeffnung des Auges entgegen gesetzten Punkte, um $\frac{7}{25}$ dieses Durchmessers entfernt, und ein wenig über der Mitte des Auges erhoben liegt. [f])

Bernoullis Versuch und Berechnung.

Weil diese Stelle mit dem Eintritte des Sehenervens zusammentrifft, so, folgert er, durfte dieser nicht mitten auf dem Boden des Auges, der Pupille gerade gegenüber, eintreten, weil uns sonst alle Gegenstände durchlöchert würden erschienen seyn. Itzt verlieren wir nur die zur Seite, unter einem gewissen Winkel gelegenen, Gegenstände aus dem Gesichte, aber nur mit einem Auge, nie mit beyden zugleich. Ferner, saget er, mußte der Nerve senkrecht eintreten, damit er durch seinen Eintritt so wenig Raum, als möglich unnütz machete. Giengen die Sehenerven von ihrem Ursprunge gerade nach dem Auge zu, so wäre eines dieser beyden erfoderlichen Stücke nothwendig verabsäumet, die itzt, da sich die Nerven vor dem Eintritte kreuzen, beyde erhalten werden. [g])

Warum der Nerve schief eintritt.

Die

c) Ibid p. 516.

d) Traité des sens. p. 171.

e) Comment. Petrop. vet. T. I. p. 314. (Herr Priestley hat in den Zusätzen zu seinem Werke das Verfahren etwas unvollkommen und unrichtig erzählet, daß ich mich deswegen bloß an den Bernoullischen Aufsatz gehalten habe. K.)

f) Kennen wir aber den Weg der Sehestrahlen im Auge hinlänglich, um hierüber scharfe Berechnungen anstellen zu können? K.

g) Darum mußte auch wohl der Nerve auf

Leichteste Art des Versuches.

fig. 38.

Die itzt gewöhnliche Art, diesen Versuch zu machen, welche sowohl für das Auge am bequemsten, als wegen der daraus zu ziehenden Folgerung am einleuchtendsten ist, ist folgende: Man befestige an der Wand eines Zimmers drey Stücken Papier, A, B, C, etwa zween Fuß von einander, stelle sich gerade vor das mittlere, und gehe allmählig zurück, das eine Auge geschlossen, und das andere seitwärts nach dem Papiere A oder C gerichtet, so dem geschlossenen Auge gegen über ist. Alsdenn wird man eine Stelle treffen, (die mehrentheils fünfmal so weit von der Wand entfernt ist, als die Papiere von einander sind) wo das mittlere Papier ganz verschwindet, und die beyden äußern völlig sichtbar bleiben. Alsdenn werden nämlich die von B herkommenden Strahlen auf die Stelle D der Netzhaut fallen, wo der Gesichtsnerve eintritt.

Mariottens Gründe für die Aderhaut.

Daß Mariotte durch seinen Versuch veranlasset wurde, zu denken, die Netzhaut sey nicht der Ort, wo die Strahlenkegel sich endigen, also nicht der eigentliche Sitz des Sehens, wird Niemanden, selbst dem eifrigsten Verfechter der Netzhaut, befremden. Noch andere Umstände bestärketen ihn in seiner Meynung, als daß er die Netzhaut durchsichtig zu seyn fand, wie die krystallene und andere Feuchtigkeiten des Auges; da doch nichts der Sitz des Sehens seyn könnte, was die Strahlen nicht auffienge; ferner, daß die Aderhaut weit empfindlicher als die Netzhaut seyn müsse, da die Regenbogenhaut, eine Fortsetzung der Aderhaut, ihre Oeffnung nach dem Maaße des Lichts unwillkührlicher Weise verändere; [h]) auch daß die schwarze Farbe der Aderhaut ihr eine größere Empfindlichkeit gegen das Licht zu geben bestimmt seyn möge.

Pecquets Einwürfe.

Pecquet wandte dagegen ein, die Netzhaut sey nur sehr unvollkommen durchsichtig, bloß etwa wie in Oel getränktes Papier, oder Horn, wie man es in Laternen brauchet; ihre weiße Farbe beweise, daß sie hinlänglich undurchsichtig sey, um die Lichtstrahlen so viel aufzuhalten, als zum Sehen nöthig ist; welches sehr undeutlich ausfallen müßte, wenn die Strahlen durch eine solche Haut, wie die Netzhaut, gehen müßten. Den Grund, von der schwarzen Farbe der Aderhaut hergenommen, entkräftete er dadurch, daß er bemerkete, sie wäre weder an Menschen, noch an Vögeln und einigen andern Thieren, deren Netzhaut mehrentheils schwarz ist, durchgängig gleich schwarz; und in den Augen der Löwen, Kameele, Bären, Ochsen, Hirsche, Schafe, Hunde, Katzen und anderer Thiere, zeige derjenige Theil der Aderhaut, welcher dem Lichte am meisten ausgesetzet sey, die lebhaftesten Farben, wie Perlmutter oder der Regenbogen. [i]) Die Unempfindlichkeit der Stelle, wo der Gesichtsnerve

auf der Seite nach der Nase zu eintreten, nicht auf der andern Seite; ein Grund, den man zu denen, vom Herrn von Haller angeführten, Physiol. T 5. p. 472, noch hinzufügen kann. K.

h) Smith's Opticks, Remarks. p. 7. d. d. A. p. 370.)

i) Musschenbroek saget, daß an vielen vierfüßigen Thieren, als an den genannten, wie auch an vielen Vögeln, die Aderhaut nicht schwarz, sondern blau, grün, gelb oder sonst gefärbt sey. Introd. vol. 2. p. 748. (An der Löwinn ist sie isabellfärbig; am Schafe grün; am Ochsen grün, pomeranzengelb und silberfarbig; an andern glänzend

sichtsnerve eintritt, giebt er zu, glaubet aber, daß die Blutgefäße der Netzhaut, deren Aeste an dieser Stelle so stark sind, den Mangel des Sehens verursachen. k)

Mariottens Antwort.

Mariotte antwortete hierauf, was die Undurchsichtigkeit der Netzhaut betreffe, so sey ein großer Unterschied zwischen den Zuständen derselben in einem lebendigen und todten Körper zu machen. Die Durchsichtigkeit der Netzhaut, und das Vermögen der Aderhaut, Licht zurück zu senden, noch mehr zu beweisen, berief er sich auf einen Versuch, da man Jemanden ein Licht nahe vor das Gesicht hält, und in einer Entfernung, von acht oder zehen Schritten, einen Hund nach ihm sehen läßt, worauf jener in des Hundes Auge ein helles Licht sehen wird. Dieses schrieb er der Zurückwerfung von der Aderhaut des Hundes zu, die sehr weiß und glänzend ist. Denn am Menschen, oder andern Thieren, deren Aderhaut schwarz ist, erfolget dies nicht. l) Pecquets Gedanken von den Blutgefäßen der Netzhaut widerleget er dadurch, daß sie lange nicht groß genug sind, um auf jedem Theile der Grundfläche des Nervens das Sehen zu unterbrechen. m)

Ein Versuch vom Pecquet widerleget.

Sonst bemerkete noch Pecquet, daß, ungeachtet der Unempfindlichkeit der Netzhaut auf dem Eingange des Nervens bey mäßigem Lichte, dennoch stark leuchtende Gegenstände, wie eine helle Kerze, nicht so völlig verschwinden, als es ein weißes Papier, unter gleichen Umständen, thun würde. Er scheint sich aber hierinnen geirret zu haben. Denn in meinem Auge, das sonst gar nicht ein starkes Licht vertragen kann, machet eine helle Lichtflamme auf der Grundfläche des Nervens keinen Eindruck.

Grund für die Netzhaut.

Zur Bestärkung der gemeinen Meynung dieneten die anatomischen Beschreibungen, welche einige Mitglieder der französischen Akademie von verschiedenen Thieren, besonders vom Seekalbe und dem Stachelschweine, herausgaben; als in welchen beyden der Sehenerven in der Axe des Auges eintritt, daß man es also für ausgemachet hielt, daß in diesen Thieren die Netzhaut auf dem Eintritte des Nervens vollkommen empfindlich seyn müsse. n) Allein diese Beobachtung verdienet aufs neue wieder vorgenommen zu werden. o)

De la Hire für die Netzhaut.

De la Hire, der auf alles, was die Lehre vom Sehen angieng, aufmerksam war, nahm Pecquets Parthey, und setzete den Sitz des Sehens auf die Netzhaut, nach dem Beyspiele der andern Sinne, bey welchen die Nerven der Sitz der Empfindung

T 2

zend schwarz, blau, goldgelb, grün; an der Katze gelb. silberfarbig und glänzt des Nachts; an dem weißen Kaninchen blaß rosenroth. Halleri physiol. T. 5. p. 365. Die Farben entstehen von den Zäserchen eines zottichten Häutchens, das man an großen Thieren mit bloßen Augen sehen kann, und das die Aderhaut gleichsam austapeziert, weswegen es bey den französischen Akademisten der Tapis genannt ist. Am Menschen ist es auch, aber die Zäserchen sind kleiner und nach abgewaschenem dunkelbraunem Kleister weiß. Zinn descr. oc. hum. p. 44. K.

k) Oeuvres de Mariotte, p. 504.

l) Ibid. p. 509.

m) Ibid. p. 514.

n) Porterfield on the eye, vol. 2. p. 252.

o) Herr von Haller zweifelt auch an der Richtigkeit der Wahrnehmung, ob er gleich sonst sich für die Netzhaut erkläret. Phys. T. 5. p. 472. K.

dung sind. p) Doch glaubete er, daß die Aderhaut den Eindruck der Bilder empfange, um denselben der Netzhaut wieder mitzutheilen. q)

Auch Perrault nahm Pecquets Parthey gegen Mariotten. In seinen Werken trifft man verschiedene Briefe an, die er hierüber mit seinem Gegner gewechselt hat.

Versuch vom Mery, und Anmerkungen darüber.

Der Streit über das unmittelbare Werkzeug des Sehens ward bey Gelegenheit eines sonderbaren Versuches vom Mery, den man in dem Jahrgange der französischen Akademie von 1704 beschrieben findet, wieder rege gemachet. Dieser tauchete eine Katze unter Wasser, und ließ sie gerade in die Sonne sehen, worauf er bemerkete, daß der Stern in ihrem Auge sich gar nicht zusammenzog. Also, folgerte er, verengert sich der Stern nicht wegen der Einwirkung des Lichtes, sondern wegen einer andern Ursache. Denn er behauptete, daß ihr Auge in dieser Lage mehr Licht, als in freyer Luft, empfienge. Dabey glaubete er, die Netzhaut an der Katze durchsichtig gefunden, und die undurchsichtige Aderhaut jenseits derselben gesehen zu haben. Dies nahm er für einen Beweis an, daß die Aderhaut die Lichtstrahlen zu empfangen diene, und das Hauptwerkzeug des Sehens sey. De la Hire antwortete hierauf in dem Jahrgange von 1709, p. 119, und suchete zu zeigen, daß das Auge unter Wasser weniger Strahlen bekomme, und daß es, unter den erzählten Umständen, nicht so sehr, wie sonst, von ihnen gerühret werde. Außerdem sieht man leicht, daß die Katze in dieser Lage voll Schrecken sey, und daß sie, als ein Thier, welches die Muskeln seiner Regenbogenhaut sehr in seiner Gewalt hat, und itzt auf alles um sie herum höchst aufmerksam war, ihre Augen offen halten mußte, so schmerzhaft als es ihr auch fallen mochte. Man hat mir erzählet, daß eine Katze, die in ein Fenster gestellet ist, in welches die Sonne scheint, dabey sie also den Stern ihrer Augen fast ganz zuschließt, sobald ein Geräusch, wie von einer Maus, außen am Fenster sich hören läßt, den Augenblick ihre Augen, ohne sie von der Sonne abzukehren, so weit als sie nur kann, eröffnet.

Le Cat wider die Netzhaut.

Le Cat trat in diesem Streite Mariottens Meynung bey, weil sie seinen Grundsatz bestärkete, daß die pia mater, oder dünne Hirnhaut, davon die Aderhaut eine Fortsetzung ist, und nicht die Nerven selbst, das eigentliche Werkzeug des Sehens sey. r) Einen andern Grund für seinen Satz nahm er von der Veränderung der Farbe der Aderhaut in alten Leuten her, welche nicht so deutlich, wie junge Leute, sehen. s) Er verglich die Netzhaut mit dem Oberhäutgen, welches die pyramidenförmigen Wärzgen, die unmittelbaren Werkzeuge des Gefühls, bedecket; oder mit der porösen Membrane, welche die drüsichten Wärzgen der Zunge überzieht. Die Netzhaut, behauptet er, empfängt den Eindruck des Lichtes, mäßiget ihn, und bereitet ihn zu für das Werkzeug, welches er eigentlich rühren soll, hat aber selbst keine Empfindung davon. t)

Man

p) Smith's Opticks, Remarks. p. 7. (d. d. A. S. 370.)

q) Hist. de l'acad. de Paris. 1711. p. 102.

r) Traité des sens. p. 176.

s) Ibid. p. 178.

t) Ibid. p. 180.

Man muß wissen, daß le Cat entdecket hatte, daß die dünne Hirnhaut, nachdem sie den Sehenerven bey seinem Eintritte ins Auge dicht umschlungen und zusammengepresset hat, sich in zwo Lamellen theilet, deren eine sich an die Hornhaut [u]) inwendig genau anleget, und zuletzt mit ihr eins wird, und die andere die Aderhaut ausmachet. [v]) Er zeigete auch, daß die harte Haut des Auges eine Ausbreitung der harten Hirnhaut ist, und übersandte an die Pariser Akademie im Jahre 1739 zergliederte Augen, um diese und einige andere seiner Sätze zu beweisen, welche den Meynungen des berühmten Winslow entgegen waren. [w])

Michells Gründe für die Aderhaut.

Zu diesen für die Aderhaut von den ersten, die die Sache untersuchet haben, vorgetragenen Gründen, werde ich, mit Erlaubniß des Lesers, noch einige neue, von meinem Freunde, Hrn **Michell**, mir mitgetheilte beyfügen. Damit das Sehen deutlich werde, müssen die Strahlenkegel, welche von jedem Punkte des Gegenstandes herkommen, entweder völlig, oder fast genau, wieder in übereinstimmenden Punkten im Auge sich endigen. Dieses kann nur auf einer gleichförmig ausgedehnten Oberfläche geschehen, wofür man die Netzhaut gar nicht gelten lassen kann, weil sie eine beträchtliche Dicke hat, durchgehends aus einem gleichförmigen Nervengewebe besteht, und, wo nicht vollkommen, doch im hohen Grade durchsichtig ist. Wo man auch in ihr die Vereinigungspunkte der Strahlenkegel hinsetzet, so werden die Strahlen sich auf ihr dießeits oder jenseits ausbreiten. Das Sehen wird undeutlich seyn.

Ist der Sitz des Sehens auf der innern Seite der Netzhaut, und werden die Bilder der Gegenstände von den Strahlen, sogleich wie sie auffallen, hervorgebracht: so müßte wohl eine große Undeutlichkeit durch das zurück geworfene Licht von der Aderhaut in denjenigen Thieren entstehen, in denen diese Haut weiß oder farbicht ist. Auf der andern Seite kann aber durch zurück geworfenes Licht von der Aderhaut das Sehen auch nicht bewirket werden, weil an manchen Thieren diese Haut völlig schwarz ist, und gar kein Licht zurück sendet. Und diese Thiere sehen noch schärfer als andere. Das Sehen, es gehe damit zu, wie es wolle, wird aber doch

u) Hier soviel als die sclerotica, welche besonders bey den französischen Zergliederern die cornea, cornea opaca heißt. Zinn, p. 4. K.

v) Tr. des sens p. 153. (Hr von Haller (Physiol. T. 5. p. 357.) stimmet ein, daß die innere Decke des Sehenervens zu einer besondern dünnern Lamelle der harten Haut werde, welche sich inwendig an sie anschließe, bey jungen Personen schwächer, bey erwachsenen stärker; leugnet aber, daß es eine zweyte innere Lamelle der dünnen Hirnhaut gebe, welche die Aderhaut bilde; und hält es für gewiß, daß le Cat selbst sie nicht möge gesehen haben. Zinn sagt (anat. oculi hum. p. 38.) Die Aderhaut hange mit der pia matre, wo sie ins Auge tritt, vermittelst eines cellulösen Gewebes zusammen. Denn bey dem durchgeschnittenen Nerven zeige sich ein weißer Halbkreis, der beyde von einander sichtbarlich absondere. Durch die Maceration lasse sich die Aderhaut ohne alle Verletzung ablösen, woraus die cellulöse Verbindungsart erhelle, und bewiesen werde, daß die Aderhaut eine eigene für sich abgesonderte Haut und kein Zweig der dünnen Hirnhaut sey. K.)

w) Hist. de l' acad. 1739. p. 25.

doch bey allen Thieren, auf dieselbe Art veranstaltet zu seyn, angenommen werden müssen.

Wäre der Sitz des Sehens auf der äußern Seite der Netzhaut zu suchen, so würde eine weiße Aderhaut nichts helfen, wenn die Sehestrahlen gerade auffallende seyn sollen; und eine schwarze wäre untauglich, wenn es zurückgeworfene seyn sollen.

Noch ein Grund für die Aderhaut ist, daß sie unter allen Membranen in dem ganzen thierischen System, die weiße Haut unter den Schuppen der Fische vielleicht (vielleicht auch nicht) ausgenommen, den Eindruck der Lichtstrahlen am reinsten empfängt; die Netzhaut hingegen empfindet die Wirkung des Lichtes entweder gar nicht, oder nur schwach. Denn das Licht leidet beym Uebergange aus einem Mittel in ein zunächst daran liegendes, keine Brechung oder Zurückwerfung, und verliert nichts durch eine Verschluckung der Strahlen, wenn nicht die beyden Mittel eine verschiedentlich brechende Kraft haben. Und dies ist vermuthlich hier, zwischen der Netzhaut und der glasartigen Feuchtigkeit, der Fall nicht. x) Aeußert aber ein Mittel auf das durchgehende Licht keine Wirkung, so erhält es wahrscheinlich auch keinen Eindruck von dem Lichte, weil beyder ihre Wirkungen ohne Zweifel gegenseitig sind.

Darzu kömmt, daß die Netzhaut so liegt, daß sie noch manchen andern Strahlen, außer denen, die sich auf ihr vereinigen sollen, ausgesetzet ist. Wozu diese, wenn das Sehen auf der Netzhaut geschieht? Das ist aber nicht der Fall mit der Aderhaut, die niemals durchsichtig ist, und keine zurückwerfende Haut hinter sich hat.

Ist die Aderhaut das Werkzeug des Sehens, so können wir gar schön den Grund von der Verschiedenheit ihrer Farbe bey verschiedenen Thieren, nachdem sie ihr Gesicht zu brauchen haben, angeben. In allen Landthieren, welche bey Nacht ihr Gesicht nöthig haben, ist die Aderhaut entweder helle weiß, oder sonst lebhaft gefärbet, so, daß das Licht dadurch stark zurück geworfen wird. Deswegen brauchen sie zum Sehen weniger Licht: können aber unmöglich sehr deutlich sehen, weil die Zurückwerfung der Strahlen ihre Wirkung doppelt machet. Denn sie muß einen gewissen Raum einnehmen, da die Zurückstrahlung in einer gewissen Entfernung von dem zurückwerfenden Körper geschieht. Dazu kömmt, daß die Aderhaut an Thieren überhaupt nicht vollkommen weiß, sondern bläulicht ist, und also geschickter zum Sehen bey dem blaßfärbigen Lichte des Nachts seyn mag.

An den Vögeln hingegen, besonders an Adlern, Falken, und andern Raubvögeln, ist die Aderhaut mehrentheils schwarz, daß sie also, aber nur bey hellem Tagelichte, mit der größten Deutlichkeit zu sehen, im Stande sind. Die Eule hingegen, welche ihren Raub bey Nachte suchen muß, hat, wenn ich nicht irre, eine weiße Aderhaut, wie eine Katze. Endlich hat der Mensch, der seine Augen unter mancher=

x) Diese Schlüsse werden durch eine unten zu erzählende Beobachtung des Herrn Melville erläutert und bestärket werden, als woraus erhellen wird, daß weder Hitze noch sonst eine merkliche Wirkung in dem Brennpunkte des stärksten Brennspiegels in Luft, Wasser, oder sonst einem völlig durchsichtigen Mittel zu spüren ist.

mancherley Umständen brauchet, weder eine so schwarze Aderhaut, wie die Vögel, noch eine so weiße, wie die Thiere, welche im Dunkeln müssen sehen können.

In Ansehung der de la Hirischen Meynung bemerket Hr Michell, daß der Eindruck des Lichtes wohl schwerlich empfindbar genug seyn möchte, wenn die Nerven, das Hauptwerkzeug des Sehens, ihn nicht unmittelbar, sondern aus der zweyten Hand, bekommen. Viel natürlicher sey es ja, die Aderhaut, wenn sie den Haupteindruck erhalten hat, denselben durch ihre eigene Nerven, deren dazu genug vorhanden sind, nach dem Gehirne fortpflanzen zu lassen.

Zur Bestätigung einer der angeführten Bemerkungen des Hrn Michell, von dem Gebrauche der Aderhaut zum Sehen, dienet der vom Fabricius ab Aquapendente erzählte Fall einer Person, die bey Nachte recht gut, bey Tage aber gar nicht sehen konnte.[y]) So soll es sich auch mit den kreidefarbigen Menschen unter den Schwarzen in Afrika und unter den Einwohnern der Landungen von Darien verhalten, die deswegen **Mondaugen** genannnt werden. Von einer Zergliederung der Augen eines dieser Menschen habe ich keine Nachricht angetroffen. Vermuthlich ist ihre Aderhaut nicht schwarz, wie an andern Menschen, sondern weiß oder lichtfarbicht, wie an den Thieren, welche ihre Augen am meisten im Dunkeln brauchen.[z])

Ich kann nicht leugnen, daß diese Gründe des Hrn Michell sehr starken Eindruck auf mich gemachet haben, so sehr ich auch sonst für die Netzhaut eingenommen war. Doch sind mir auch nachher neue Gründe für die Netzhaut, theils beym Nachlesen aufgestoßen, theils vom Hrn **Hey**, einem geschickten Wundarzte und Zergliederer zu Leeds, angezeiget worden. [a])

Gründe für die Netzhaut.

Dr. **Porterfield** bemerket, daß das Sehen auf dem Orte des Eintritts des Nervens vielleicht deswegen keine Statt habe, weil er daselbst nicht so **weich** und **zart** ist, wie er es wird, wenn er sich über die Aderhaut ausbreitet; und daß er in denen Thieren, darinn er in der Mittellinie des Auges eintritt, daselbst eben so zart, und also vermuthlich eben so empfindlich, wie an andern Stellen gefunden werde [b]). Ich habe mir sagen lassen, daß die Nerven überhaupt, wenn sie in ihren sie umgebenden Häuten eingepresset sind, sehr wenig Empfindlichkeit besitzen, in Vergleichung mit derjenigen, welche sie bekommen, wenn sie davon entkleidet, und in eine weiche breyähnliche Substanz ausgebreitet werden.

Porterfields

Hr von **Haller** bemerket, daß die Aderhaut nicht das allgemeine Werkzeug des Sehens seyn könne, weil sie an Menschen und Vögeln, besonders aber an Fischen, inwendig mit einem schwarzen Schleime (mucus) bedecket ist, dadurch die Strahlen

und von Haller.

y) De Visione, p. 46.

z) Nach der Vorstellung, welche in den philosophischen Untersuchungen über die Amerikaner von diesen besondern weißen Menschen gemacht wird, entsteht die Augenschwäche derselben wohl von der allgemeinen Schlaffheit und Verdorbenheit ihrer Nerven. Ihre Iris ist manchmal von einem matten und besonders schwachen Blau; zu andrer Zeit, und in andern Personen von eben dieser Art, ist sie lebhaft gelb, röthlich und gleichsam vom Blute gefärbet. 2. B. S. 5, der deutschen Ueb. K.

a) Herr Priestley hat diese Gründe seinem Werke angehängt. K.

b) On the eye, vol. 2. p. 254.

Strahlen nicht dringen können [c]). Dieser Schriftsteller redet auch von einer membrana fibrosa auf der Netzhaut, die er von ihrer membrana pulposa unterscheidet, und muthmaßet, daß die Bilder der äußern Sachen auf der erstern abgebildet werden.

Bestärkung des de la Hirischen Beweises.

Der Grund, den de la Hire für die Netzhaut von der Analogie der andern Sinne hernimmt, erscheint viel stärker, wenn man bedenket, daß die Netzhaut ein breites Nervengewebe ist, das dem Eindrucke des Lichtes unmittelbar ausgesetzet ist; dagegen die Aderhaut nur wenig Nerven, mit der harten Haut, der gemeinschaftlichen (coniunctiva) und den Augenliedern bekömmt, die dem Lichte weit weniger als die unbedeckten Fibern des Sehenervens bloß liegen. Aus anatomischen Gründen sollte man würklich denken, daß jeder andere Theil des Körpers gegen den Eindruck des Lichtes so empfindlich seyn könnte, wie die Aderhaut.

Beweis für die Netzhaut aus Augenkrankheiten.

Daß der Gesichtsnerve zum Sehen besonders diene, ist ferner aus verschiedenen Ereignissen bey einigen Augenkrankheiten wahrscheinlich. Wenn nur ein Auge den schwarzen Staar bekömmt, so findet man den Nerven dieses Auges offenbar anders beschaffen, als er es in seinem gesunden Zustande ist. Ich habe selbst, da Herr Hey das Gehirn eines jungen Mädchen zergliederte, das mit einem Auge blind gewesen war, gesehen, daß der Nerve dieses Auges viel dünner als der Nerve des andern war; und er sagete mir, daß er ihm beym Durchschneiden weit härter und aschgrau gefunden hätte. Morgagni führet zwar an, daß er einmal die Sehenerven dünner als gewöhnlich und aschfarbigt gefunden, und auf sein Befragen die Nachricht erhalten habe, die Person sey nicht blind gewesen, obgleich das eine Auge einen Fehler möchte gehabt haben; daß er ein andermal nur einen Nerven so beschaffen angetroffen, dabey aber das Auge selbst übrigens ganz vollkommen gewesen. Auch hierbey erhielt er die ausdrückliche Nachricht, die Person wäre mit diesem Auge nicht blind gewesen; allein man sieht wohl, daß er die von ihm zergliederten Personen nicht gekannt hat. Die Beyspiele sind auch nicht selten, daß Leute mit einem Auge lange Zeit blind gewesen sind, ohne es selbst zu wissen.

Dazu kömmt, daß weil der Sehenerve bloß zur Bildung der Netzhaut dienet, das Auge sonst, in so ferne es nicht das Sehen selbst betrifft, von dem schwarzen Staar nichts leidet. Die Nerven, welche nach der Aderhaut gehen, behalten vielmehr in dieser Krankheit ihre gewöhnliche Wirksamkeit. Die Regenbogenhaut zieht sich bey einem frischen schwarzen Staare eines Auges zusammen, wenn das andere noch

c) Physiologia, vol. 5. p. 474. (Der ganze Versuch vom Mariotte, saget Herr von Haller, beweiset nichts. Denn an der unempfindlichen Stelle ist eigentlich keine Netzhaut vorhanden, sondern eine weiße, cellulöse und poröse Haut, die zum Sehen untauglich seyn kann, ohne daß die Netzhaut es auch ist — Wenn die Strahlen auch durch den schwarzen Schleim auf der Aderhaut dringen sollten, fähret er fort, so würden sie auf die dunkelbraune, zottichte und lederartige Oberfläche der Ruyschischen Lamelle der Aderhaut treffen, und darunter eine unzählige Menge kleiner Gefäße, aber keine oder wenig Nerven finden, so daß nirgends ein vollständiges zusammenhangendes Bild entworfen werden kann. K.)

noch gesunde Auge plötzlich einem starken Lichte ausgesetzet wird. Die harte Haut, die gemeinschaftliche und die Augenlieder, die ihre Nerven mit der Aderhaut aus einer gemeinschaftlichen Quelle bekommen, behalten in dieser Krankheit ihre Empfindlichkeit.

Selbst die Art der Genesung vom schwarzen Staar begünstiget die Meynung, daß die Netzhaut der Sitz des Sehens sey. Denn diejenigen Theile, welche von dem Eintritte des Nervens am weitsten entfernt sind, bekommen ihre Empfindlichkeit am ersten wieder. Sie sind am breyähnlichsten und weichsten. Auf der Aderhaut hätte man keinen Grund, einen Theil für zarter zu halten als den andern. Dem Herrn Hey haben Patienten an einer unvollkommenen Amaurosis öfters erzählet, daß sie eine Sache, die sie mit einem Auge betrachteten, nicht so deutlich erkennen könnten, wenn sie gerade vor dem Auge, als wenn sie etwas zur Seite läge. Er hat auch gefunden, daß Leute, die von einer vollkommenen Amaurosis befreyet geworden sind, zuerst die Sachen wieder erkannten, deren Bilder von dem Eintritte des Nervens am weitsten entfernet lagen.

Beylegung des Streits.

Ich schließe mit folgender Anmerkung. Ist die Netzhaut so durchsichtig, wie sie gewöhnlich vorgestellet wird, so daß die Strahlenkegel sich nothwendig auf der Aderhaut, oder auf einer andern undurchsichtigen Substanz zwischen ihr und der Netzhaut, endigen müssen: so werden beyde, wenn sie anders gleich empfindlich gegen das Licht sind, gleich stark gerühret werden, da die von den Lichtstrahlen verursachte Wirkung und Gegenwirkung an beyder gemeinschaftlichen Oberfläche geschieht. Weil aber die Netzhaut natürlicher weise gegen diese Art von Eindrücken empfindlicher ist, so mag sie wohl das eigentliche Werkzeug seyn, dadurch die Empfindung bis zum Gehirne fortgepflanzet wird; obgleich die Aderhaut, oder das schwarze Wesen, damit sie bisweilen überzogen ist, zum Sehen auch nothwendig seyn mag. In der That kann man eine Zurückstrahlung des Lichtes, die an der gemeinschaftlichen Fläche zweyer Mittel geschieht, weder dem einen noch dem andern vorzüglich zuschreiben. Die stärksten Zurückstrahlungen in die dichtesten Mittel einwärts geschehen, wenn sie an ein sehr dünnes Mittel oder gar an den leeren Raum gränzen. Das angeführte kömmt so ziemlich auf die vom de la Hire geäußerten Gedanken hinaus, und erkläret den Mangel des Sehens auf dem Orte des Eintritts des Sehenervens vollkommen.

Zusatz des Uebersetzers.

So lang auch dieses Kapitel geworden ist, so kann ich doch einen aus Zinns Anatomie des Auges hergenommenen Grund für die Netzhaut nicht vorbeylassen. Dieser genaue Zergliederer bemerket, p. 37, daß Mariottens Hypothese hauptsächlich darauf beruhe, daß die Aderhaut eine Fortpflanzung der dünnern Haut des Sehenervens seyn soll. Ist die Aderhaut dies nicht, so falle jene Hypothese

von selbst weg. Nun beweiset er aber p. 39. durch das (Anm. v.) angeführte Verfahren, daß die Aderhaut nicht von der dünnen Haut herkomme; also etc.

Wenn man seine Beschreibung der zottichten Oberfläche der Aderhaut liest, so wird man sehr ungeneigt, den Sitz des Sehens darauf anzunehmen.

Den Grund, den Herr Michell für die Aderhaut von der verschiedenen Färbung derselben hernimmt, möchte ich eher umkehren. Ist die Aderhaut der Sitz des Sehens, so müßte sie wohl an den Thieren, die des Nachts ihre Augen brauchen, schwarz seyn, weil weiße Körper von dem Lichte weniger gerühret werden, als schwarze. Ist der Sitz der Empfindung aber auf der Netzhaut, so wird sie stärker vom Lichte gerühret, wenn die Aderhaut weiß ist, und alle Strahlen zurückwirft. Das Sehen mag hierbey wohl undeutlich seyn. Solche Thiere brauchen aber vielleicht nur Schimmer, ihren Raub zu finden.

Die verschiedenen Farben der Aderhaut an Thieren hängen wohl mit den verschiedenen Bestimmungen ihres Gesichtsvermögens zusammen. Der Mensch hat, so zu reden, ein allgemeines Gesichtsvermögen, weil er es auf vielerley Art brauchet; die Thiere haben ein besonders bestimmtes, zu gewissen Endzwecken sehr angemessenes, in andern Absichten vielleicht sehr stumpfes und unbrauchbares.

Drittes Kapitel.

Vermischte Bemerkungen über das Sehen.

Ort des Bildes einer Sache.

Bisher war es allgemein angenommen worden, daß das Bild einer Sache, die man durch gebrochene oder zurückgeworfene Strahlen sieht, sich in dem Durchschnitte des Sehestrahls mit dem Perpendikel von der Sache auf die brechende oder zurückwerfende Fläche befände [a]). Bey ebenen Spiegeln hat dies keine Schwierigkeit, von denen man, weil einige Versuche mit Spiegeln anderer Art es zu beweisen schienen, einen Schluß auf alle andere Fälle des Sehens machete. Wenn ein gerader Stab senkrecht auf einen erhabenen oder hohlen Spiegel gehalten wird, so scheint sein Bild eine gerade Linie mit ihm auszumachen. So verhält es sich auch mit einer senkrecht ins Wasser gehaltenen Linie. Der Theil innerhalb des Wassers scheint die Verlängerung des außerhalb befindlichen Theils zu seyn, wenigstens wenn man keine besondere Aufmerksamkeit darauf richtet, und sich in gewissen Lagen befindet. Allein Dr. Barrow erregte gegen diese Bestimmungsart des Bildes Zweifel, und eröffnete dadurch ein Feld zu neuen Untersuchungen. Seine Gedanken findet man in seinen 1674 zuerst herausgekommenen **optischen Vorlesungen**.

Barrow wider die gewöhnliche Meynung.

In Ansehung des durch die Zurückstrahlung gesehenen Bildes einer Linie, die auf einen erhabenen oder hohlen Spiegel senkrecht gestellet wird, erinnert er, daß es dem

a) Man wolle nachsehen, was ich zu dem 4. Abschn. der 2. Periode von Keplers und Brenggers Gedanken hierüber angeführet habe. Z.

dem Auge nicht leicht fällt, die krumme Linie, welche es wirklich macht, zu erkennen; und bemerket, daß, wenn man einen zum Theil ins Wasser gehaltenen senkrechten Faden, genau betrachtet, die gewöhnliche Meynung sich nicht bestätiget. Ist der Faden z. E. Silberdrat, und man sieht ihn schief an, so wird sich das Bild des eingetauchten Theils von dem andern, außerhalb des Wassers, merklich absondern. Also, saget er, ist es nicht richtig, daß jeder Punkt da erscheint, wo der gebrochene Strahl den senkrecht auffallenden schneidet; und diese Bemerkung, glaubet er, lasse sich auch auf zurückprellendes Licht ausdehnen.

Barrows Grundsatz.

Nachdem er, seiner Meynung nach, die gemeine Hypothese widerleget hatte, so giebt er eine andere Regel zur Bestimmung der scheinbaren Stelle des Bildes. Wir setzen, saget er, jeden sichtbaren Punkt dahin, woher die Lichtstrahlen, durch welchen wir ihn empfinden, entweder wirklich kommen, oder zu kommen scheinen. Diesem Grundsatze zu folge, machte sich dieser vortreffliche Geometer an die Untersuchung der Frage, wo die Strahlen nach der Brechung oder Zurückwerfung sich schneiden; und fand, daß, wenn die brechende Fläche eben ist, und die Strahlen aus dem dichtern Mittel ins dünnere gehen, ihr Vereinigungspunkt außerhalb der senkrechten Linie von dem Gegenstande auf die brechende Ebene, und zwar auf der Seite nach dem Auge hin, sich befindet. Bey einem erhabenen Spiegel ereignet sich dasselbe; bey einem ebenen fällt der Vereinigungspunkt in das Perpendikel, und bey einem Hohlspiegel jenseits desselben. Er bestimmte auch hiernach, was das Bild einer geraden Linie, nach den verschiedenen Lagen dieser Linie gegen einen Spiegel, für eine krumme Linie werden wird, desgleichen wenn man sie durch ein brechendes Mittel betrachtet. Allein so merkwürdig und schön diese Untersuchungen auch sind, so würde uns doch die Erzählung derselben zu weit in die Geometrie hineinführen. Das sehen wir aus seinen Untersuchungen, daß er der Entdeckung der **Brennlinien** sehr nahe gekommen ist, als welche nichts als der **Ort** aller Bilder eines und desselben Punktes sind, so wie sie dem Auge in allen möglichen Lagen durch die Brechung oder Zurückwerfung erscheinen. Vielleicht ist **Tschirnhausen** durch Barrows Gedanken zu seinen Entdeckungen über diese Gattung von Linien geleitet worden [b]).

Einwurf dagegen.

So gegründet auch Barrow seinen Satz von der scheinbaren Lage des Bildes hielt, so war er doch so aufrichtig, einen Einwurf dagegen nicht zu verhehlen, den er nicht heben zu können gesteht. Er ist dieser. Der Gegenstand liege über den Brennpunct eines Converglases hinaus, so wird er, wenn man das Auge hart ans Glas hält, undeutlich, aber fast an seinem wahren Orte erscheinen. Rücket man das Auge vom Glase ab, so wird die Undeutlichkeit größer werden, und der Gegenstand näher zu kommen scheinen. Ist das Auge sehr nahe bey dem Brennpunkte, so wird die Undeutlichkeit gewaltig groß, und die Sache scheint dichte vor dem Auge zu liegen. Aber bey diesem Versuche empfängt das Auge nur convergi-

b) Und Barrow hat seine Vorstellung vermuthlich von Keplern, Paralip. p. 70. genommen; so bleibt die Erfindung mit Wurzel und Stamm den deutschen Boden eigen. K.

rende Strahlen, deren Vereinigungspunkt nicht näher als die Sache, sondern hinter dem Auge liegt. Dem ungeachtet stellet man sich die Sache näher vor, als sie ist, wenn man gleich von ihrer Entfernung keinen recht deutlichen Begriff sich machen kann. Ich denke, daß, weil die Strahlen in diesem Falle ganz anders als sonst auf das Auge fallen, gar kein Urtheil über den Ort, woher sie kommen, gefället werden könne. Diese Untersuchung ist in der Folge vom Berkley, Smith, Montucla, und andern wieder vorgenommen worden. Weil aber die Erzählung ihrer Gedanken mich zu weit über die Gränzen der gegenwärtigen Periode führen würde, so will ich die Materie abbrechen, bis ich sie, ohne die historische Ordnung so sehr zu verletzen, wieder vornehmen kann c).

De la Hire machete einige sehr gute Bemerkungen über die scheinbare Entfernung der Gegenstände, und einige andere Ereignisse beym Sehen, so wie er sich auch viel Mühe gab, die Art auszuforschen, wie unser Auge sich nach den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände einrichtet. Weil er aber in diesem letztern Stücke die Wahrheit verfehlete, so werde ich seine Gedanken darüber bis in die letzte Periode dieser Geschichte versparen, da die Sache besser untersuchet ist.

Worauf sich unser Urtheil von der Entfernung gründe.

Er rechnet fünf Stücke, worauf wir unser Urtheil von der Entfernung der Gegenstände gründen. Diese sind, die scheinbare Größe, die Helligkeit der Farbe, die Richtung beyder Augenaxen, die Parallaxe oder den Veränderungswinkel der Gegenstände, und die Deutlichkeit ihrer kleinen Theile. Maler, saget er, haben nur die beyden ersten Stücke in ihrer Gewalt, und deswegen kann ein Gemälde niemals das Auge vollkommen betrügen. Aber bey den Theaterverzierungen können sie gewissermaßen alle jene Stücke sich zu Nutze machen. Die Größe der Gegenstände und die Lebhaftigkeit der Farbengebung wird nach dem Maaße vermindert, wie sie dem Auge entfernter vorkommen sollen. Die Theile einer und derselben Sache, welche in verschiedenen Entfernungen erscheinen sollen, wie die Säulen einer architectonischen Ordnung, werden auf verschiedenen Flächen gemalet, die man ein wenig von einander stellet, damit die beyden Augen ihre Richtungen zu ändern genöthiget seyn mögen, wenn man von der Betrachtung der einen Fläche zu der Betrachtung der andern geht. Die kleine Entfernung der Flächen dienet eine kleine Parallaxe hervorzubringen, wenn die Augen ihre Lage ändern; und weil wir keinen genauen Begriff von der Veränderung des Gesichtswinkels bey verschiedenen Entfernungen der Gegenstände behalten, so ist es für das Auge genug, daß man eine Parallaxe empfindet, um die Flächen von einander entfernt zu glauben, ohne genau zu bestimmen, wie weit sie von einander sind. Was endlich das letzte Stück, nämlich die Deutlichkeit der kleinen Theile an einem Gegenstande betrifft, so kann es den Betrug nicht entdecken helfen, wegen des falschen Lichtes, das auf diese Verzierungen fällt. d)

Warum eine Sache durch Nebel größer scheint.

Diesen Anmerkungen über die Gesichtsbetrüge will ich noch eine dahin gehörige vom le Cat beyfügen, der zur Ursache, daß Gegenstände durch einen Nebel größer erscheinen,

c) Montucla, vol. 2. p. 599.

d) Accidens de la vue, p. 358.

erscheinen, ihr trübes und mattes Ansehen unter diesen Umständen angiebt, als womit man den Begriff einer großen Entfernung verknüpfet. Dieses zu bestärken, erinnert er, daß man sich bey Annäherung zu diesen Gegenständen wundert, daß sie sowohl viel näher, als auch viel kleiner sind, als man es sich eingebildet hatte. e)

Besonderer Fall.

Unter andern Ereignissen beym Sehen erwähnet de la Hire eines, das schwer zu erklären ist. Wenn man nämlich an einem dunkeln Orte ein Licht, das jenseits der Gränzen des deutlichen Sehens steht, durch einen sehr schmalen Einschnitt in einem Kartenblatte betrachtet, so wird man mehrere Lichter, sogar auf sechs bisweilen, längst dem Einschnitte sehen. Diese Erscheinung schreibt er den kleinen Ungleichheiten auf der Oberfläche der Feuchtigkeiten des Auges zu, deren Wirkung nicht gespüret wird, wenn die ganze Fläche des Sterns die Strahlen auffängt, und also ein Hauptbild alle kleinen Nebenbilder verdunkelt; da hingegen in dem vorliegenden Falle jedes dieser Nebenbilder besonders entworfen wird, und keines so stark ist, daß man nicht dafür die andern auch empfinden sollte. f)

Ungleichheit der beyden Augen.

An wenigen Leuten, saget de la Hire, sind beyde Augen völlig einander gleich, und das nicht blos in Betracht des deutlichen Sehens, sondern auch in Absicht auf die Farbe der Gegenstände, besonders wenn eines von beyden Augen einem starken Lichte ausgesetzet gewesen ist. Sie mit einander zu vergleichen, saget er, nehme man zwo feine Kartenblätter, steche in jedes ein rundes Loch, ein Drittheil oder Viertheil einer Linie groß, halte jedes an ein Auge, und sehe durch die Löcher auf ein gleichförmig erleuchtetes Papier. Man halte nun die Karten so, daß die Kreise, welche auf dem Papiere erscheinen werden, sich einander berühren, so wird man die Beschaffenheit seiner beyden Augen auf das genaueste mit einander vergleichen können. Um den Versuch mit desto besserm Erfolge zu machen, räth er, die Augen eine Zeitlang vorher geschlossen zu halten. g)

Ursache der Flecken vorm Auge.

De la Hire versuchete auch die Ursache der dunkeln Flecken anzugeben, welche, besonders bey alten Leuten, vor den Augen herum zu schweben scheinen. Am meisten lassen sie sich sehen, wenn man die Augen auf eine gleichförmig weiße Sache, als Schnee im freyen Felde, richtet. Wenn sie unbeweglich sind, so werden sie, seiner Meynung nach, durch ausgetretenes Blut auf der Netzhaut verursachet; oder durch eine undurchsichtige in der wässerichten Feuchtigkeit herumschwimmende Sache, wenn sie beweglich sind. Denn die glasartige Feuchtigkeit des Auges hält er dazu nicht für flüßig genug. h)

Feinheit des Sehenervens.

Die erstaunende Feinheit des Sehenervens beweiset de la Hire durch folgende Rechnung: Man kann in einer Entfernung von 4000 Klaftern noch ganz wohl das Segel eines Windmühlenflügels, sechs Fuß in der Länge, erkennen. Nimmt man das Auge einen Zoll im Durchmesser groß an, so wird das Bild dieses Segels auf dem Boden des Auges $\frac{1}{8000}$ eines Zolles, oder etwa $\frac{1}{666}$ einer Linie groß i), das ist

e) Traité des sens, p. 260.

f) Accidens de la vue, p. 400.

g) ibid. p. 358.

h) Smith's Opticks, remarks. p. 4. (d. Ü. A. S. 366.

i) Die Spitze der ähnlichen Dreyecke, deren

ist etwa der 66ste Theil einer Haarbreite, oder der achte Theil eines einfachen seidenen Fadens seyn. So fein muß also jede Fiber des Sehenervens seyn; eine fast unbegreifliche Sache, da jede Fiber ein Röhrchen mit Lebensgeistern angefüllet ist. Können Vögel eben so weit als Menschen sehen, welches er für sehr wahrscheinlich hält, so müssen die Fibern ihrer Sehenerven noch weit feiner als die unsrigen seyn. k)

Sachen erscheinen durch ein kleines Loch nicht verändert.

Gassendi glaubete noch, daß die Weite der Oeffnung des Sterns auf die scheinbare Größe der Sachen einen Einfluß hätte; allein in diesem Zeitraume verstand man die Sache besser. Dr. Hooke bemerkte, daß wenn man durch ein hundertmal so kleines Loch, als die Oeffnung des Sterns ist, eine Sache betrachtet, sie nicht anders aussehen wird, als wenn man sie frey ansieht. Nur bey stark erleuchteten Gegenständen helfe das Loch dem Auge dadurch, daß es die Strahlen, die sonst eine unrichtige Vorstellung würden erreget haben, vermindere und schwäche. l)

Fall, da man eine Sache verkehrt sieht, ohne Spiegel.

Diesen Abschnitt kann ich nicht schließen, ohne eine artige Beobachtung des sinnreichen Hrn Grey, der in der ältern Geschichte der Elektricität mit so vielem Ruhme erscheint, anzuführen. Er nahm ein Stück steifes braunes Papier, stach ein kleines Loch hinein, und hielt es nicht weit vom Auge. Darauf hielt er auch eine Nadel nahe vor das Auge, und sah, zu seiner Verwunderung, die Spitze derselben umgekehrt. Je näher er die Nadel an das Loch brachte, desto größer schien sie, war aber nicht so deutlich. Hielt er sie so, daß ihr Bild nahe an den Rand des Loches fiel, so schien die Spitze umgebogen. Hieraus schloß er, daß solche kleine Löcher, oder sonst etwas in ihnen, wie Hohlspiegel anzusehen wären, und nannte sie daher Luftspiegel. m)

Sechster Abschnitt.

Erfindungen und Verbesserungen optischer Werkzeuge.

Niemals bemüheten sich die Naturkündiger so angelegentlich um die Verbesserung der optischen Werkzeuge, als in dem Anfange dieser Periode. Wundervolle Entdeckungen hatten die ersten unvollkommenen Versuche dieser Art zu Folgen gehabt; also macheten sie sich, ohne einen Begriff von der natürlichen Einschränkung der Verstärkung unsers Gesichtsvermögens zu haben, mit den übertriebensten Erwartungen

deren Grundflächen das Segel und das Bild sind, muß hierbey in die Mitte des Auges gesetzet werden. K.

k) Accidens de la vue, p. 375.

l) Birch's history, p. 503.

m) Philos. trans. abr. vol. 1. p. 172. (Der Jesuit Faber führet in seiner Synopsi Optica p. 26 diesen Versuch auch an, und erkläret ihn, meines Bedünkens, recht gut. Er setzet nur den Umstand hinzu, daß man sich gegen einen erleuchtenden Gegenstand gewendet haben müsse. Es ist der Schatten von der Nadel, saget er, der sich im Auge entwirft. Dieser ist im Auge aufrecht, also glaubet man die Sache, für welche man ihren Schatten genommen hat, verkehret zu sehen. Des Umstandes der scheinbaren Krümmung erwähnet er nicht, dagegen aber, daß die Nadel jenseits des Lochs zu liegen scheine. Ich habe den Versuch nicht nachmachen können. K.)

wartungen von den Wirkungen ihrer Entwürfe, an die Ausführung derselben. Doch finden wir gegen das Ende dieser Periode den Dr. Hook klagen, daß, wenn auch noch in den Verfertigern der Teleskope einiges Leben wäre, doch der Eifer derjenigen, die sie brauchen sollten, sehr abgenommen hätte, und daß außer den vom Cassini entdeckten Trabanten des Saturns, nach dem vom Huygens gefundenen, nichts neues durch Fernröhre entdecket wäre. Den Mikroskopen, klaget er, gienge es nicht besser, um welche sich kein Mensch, Leeuwenhoek ausgenommen, bekümmerte, und die man nur zum Vergnügen brauchete, besonders seitdem man sie so bequem eingerichtet hätte, daß man sie in der Tasche tragen könnte. Zur Ursache dieser Vernachläßigung giebt er an, daß die ersten Erfinder von dem Schauplatze abgetreten wären, und daß man es für ausgemachet annähme, es könnten keine Entdeckungen mehr durch diese Werkzeuge gemachet werden. Noch eine Ursache, meynet er, könnte auch wohl seyn, daß diese Instrumente ihren Gebrauch nicht bezahleten. a)

Objectivgläser vom Divini und Campani.

Die ersten, welche sich in Schleifung teleskopischer Gläser hervorthaten, waren zwey Italiener, **Eustachio Divini** zu Rom, und **Campani** zu Bologna. Der letztere war weit berühmter als der erstere, oder als sonst einer seiner Zeitgenossen; wiewohl doch Divini behauptete, daß in allen Proben, die man mit ihren Gläsern gemachet, die seinigen, von großer Brennweite, eine stärkere Wirkung gethan hätten, als die Campanischen, und daß sein Nebenbuhler nur nicht Lust zu einer unpartheyischen Probe, nämlich mit einerley Augengläsern hätte. *) Doch glaubet man durchgängig, daß Campani den Divini wirklich übertroffen habe, sowohl in Absicht auf die Güte als die Brennweite seiner Gläser. Mit Gläsern vom Campani entdeckete Cassini die zwey nächsten Trabanten des Saturns. Sie waren auf Befehl Ludwigs XIV. gemachet, und hatten 86, 100, und 136 Pariser Fuß Brennweite. **)

Campani verkaufete seine Gläser theuer, und wandte alle Mittel an, seine Kunstgriffe geheim zu halten. Niemand durfte in seine Werkstatt kommen. Nach seinem Tode kaufete Pabst Benedict XIV. seine Geräthschaft, und schenkete sie dem Institute zu Bologna. Fougeroux hat eine Beschreibung davon, so gut er sie kennen lernen konnte, bekannt gemachet, woraus erhellet, daß, außer einer Maschine zur Verfertigung der Schüsseln, die Güte seiner Gläser von der Reinigkeit des Glases, seinem venetianischen Tripel, dem Papiere, damit er seine Gläser polirte, und der großen Geschicklichkeit seiner Hand herrührete. Man sagete auch durchgängig zu Bologna, daß er seinem zurückhaltenden und geheimnißvollen Wesen einen großen Theil seines Ruhmes zu danken gehabt hätte; von sehr vielen Gläsern, die er gemachet, hätte er bloß die recht guten herausgegeben, und die übrigen zurückgeleget. Gläser von sehr großen Brennweiten machete er nur wenige. Da er einmal unglücklicher Weise eines von 141 Fuß Brennweite entzwey brach, gab er sich unglaubliche Mühe, die beyden Stücken wieder zusammenzusetzen, und kam auch endlich

a) Hooke's experiments by Derham, p. 262.

*) Philos. trans. abr. vol. 1. p. 193.

**) Montucla, vol. 2. p. 606.

lich damit zu Stande, so, daß er es wie ein unversehrtes Glas brauchen konnte. Wäre es ihm so leicht, wie er behauptete, geworden, ein anderes eben so gutes wieder zu machen, so würde er schwerlich sich so viel Mühe gegeben haben. [b])

Dr. Hooke scheint von den Divinischen und Campanischen Gläsern keine sonderliche Meynung gehabt zu haben. Denn bey Gelegenheit, da er einiger derselben, die 36 und 50 Fuß Brennweite hatten, erwähnet, saget er, daß nach demjenigen, was man von der wahren Gestalt des Saturns mit ihnen entdecket hätte, zu urtheilen, die Instrumente dieser Künstler nur ganz mittelmäßig, und nicht besser als Englische von 12 oder 15 Fuß seyn möchten. [c]) Aber ohne Zweifel muß man in diesem Falle sehr viel auf das Vorurtheil des Engländers abrechnen.

Berühmte Glasschleifer in England,

Sir Paul Neille machte nach Hooken ziemlich gute Fernröhre von 36 Fuß, auch eines von 50, aber verhältnißweise nicht so gut. Nachher machten erstlich **Reive**, und nach ihm **Cox**, ehedem die berühmtesten Glasschleifer in England, einige gute Gläser von 50 und 60 Fuß Brennweite. Cox machete auch eins von 100, wie gut aber, kann Hooke nicht sagen [d]).

und in Frankreich.

Peter Borel, in Frankreich, machete auch Gläser von großen Brennweiten, deren eines er der königlichen Gesellschaft überreichete [e]). Doch finde ich von ihrer Güte keine Nachrichten.

In Absicht auf die Länge der Brennweiten brachte es **Auzout** am weitesten; er verfertigte ein Objectivglas von 600 Fuß Brennweite, war aber nicht im Stande, aus Mangel einer schicklichen Vorrichtung, es gebrauchen zu können. **Hartsoeker** soll noch weiter gegangen seyn [f]). Da es nicht einmal angieng, weit kürzere Gläser in einer Röhre zu brauchen, so erdachte dieser sinnreiche Mechanicus eine Einrichtung, die Röhren wegzulassen, indem er sie an die Spitze eines Baumes, einer hohen Mauer oder an das Dach eines Hauses befestigte [g]).

Vorrichtungen, die Röhren wegzulassen.

Huygens, der auch ein vortrefflicher Mechanicus war, verbesserte die Erfindung, ein Objectivglas ohne Röhre zu gebrauchen, beträchtlich. Er faßte das Glas in eine kurze Röhre, die sich nach allen Richtungen vermittelst einer Nuß, drehen ließ, und befestigte es damit oben an einer hohen Stange. Die Mittellinie dieser Röhre konnte er mit einem seidenen Faden richten, und sie in eine gerade Linie mit der Mittellinie einer andern kurzen Röhre bringen, worinn das Augenglas befindlich war, und die er in der Hand hielte. Auf diese Art konnte er die noch so sehr vergrößernden Gläser, in jeder Höhe des Gegenstandes, selbst im Zenith, brauchen, wenn nur die Stange lang genug war. Außerdem hatte er noch eine Erfindung angebracht, das Gestelle, worauf die Röhre mit dem Objectivglase ruhete,

b) Hist. de l' acad. de Paris 1764. p. 282. (Die Maschine, welche in dem angeführten Jahrgange beschrieben ist, ist sehr einfach, und hat viel ähnliches mit der vom P. Cherubin in seiner Dioptrique oculaire angegebenen. Volkmanns Nachrichten von Italien, 1 Th. S. 394. K.)

c) Hooke's experiments, p. 261.

d) Ibid. p. 261.

e) Ibid. p. 261. (um die Jahre 1676 und 1678. Montucla, vol. 2. p. 606. K.)

f) Montucla, vol. 2. p. 606.

g) Miscell. Berol. vol. 1. p. 261.

hete, zu erheben oder niederzulassen, um die Maschine nach jeder Höhe des Gegenstandes zu richten. De la Hire machete noch eine Verbesserung in der Manier das Objectivglas zu regieren, welches er in ein Brett, nicht in eine Röhre, einschloß. Gegenwärtig wird man sich schwerlich dieser Vorrichtung bedienen, nachdem die reflectirenden und achromatischen Fernröhre entdecket, und zu so großer Vollkommenheit gebracht sind, daß sie auch Mikrometer besitzen [h]).

Daß die Naturforscher des vorigen Jahrhunderts ihre Beobachtungen mit so vielen Beschwerlichkeiten und Unkosten haben anstellen müssen, sollte uns destomehr die Verbindlichkeit erkennen lehren, welche wir solchen Männern, wie Gregory, Newton und Dollond, schuldig sind, die uns in den Stand gesetzet haben, weit deutlichere und vollkommnere Blicke in die entferntesten Gegenden unsers Systems mit weniger Mühe und Unkosten zu thun. Es sollte uns auch fleißiger und eifriger machen, allen möglichen Nutzen von solchen Haupterfindungen zu ziehen.

Die Längen der Fernröhren wachsen stärker als die Vergrößerungen.

Die Ursache, daß die gewöhnlichen dioptrischen Fernröhre so sehr lang müssen gemachet werden, wenn man ihre Wirkung vergrößern will, ist, daß ihre Länge in dem Verhältnisse der Quadrate ihrer Vergrößerungen wachsen muß. Als, wenn ein Fernrohr, bey einerley Helligkeit und Deutlichkeit, zweymal mehr vergrößern soll, muß es viermal länger, und wenn es dreymal stärker vergrößern soll, neunmal länger gemachet werden, und so weiter [i]).

Ehe

h) Umständliche Nachricht findet man in Smiths Optik, S. 328 ff. der deutschen Ausgabe, aus Hugenii Astroscopia compendiaria, tubi optici molimine liberata, Hagae 1684; und eine Abzeichnung dieser Maschine, welche Hr Priestley auch hat nachstechen lassen, ich aber aus Sparsamkeit weggelassen habe. Sie ist auch bey Wolfs elem. Dioptr. Tab. VIII. fig. 65. zu sehen. De la Hires Verbesserung findet man in den Pariser Memoires vom J. 1715. und beym Smith, S. 335. Auch hat Bianchini Verbesserungen eben das. Jahrgang 1713 geliefert. Die ältern Methoden findet man in Hevelii machina coelesti.

Hr Kästner bemerket beym Smith, daß die dioptrischen Fernröhre vor den katoptrischen immer noch einen Vorzug behalten möchten, weil er sowohl als andere in jenen die Sachen heller, in diesen aber mätter am Lichte gefunden haben. K.

i) Smith's Opticks, vol. 2. p. 354 (d. d. A. S. 185. und Hugenii Dioptr. prop. 56. Er beweist daselbst, daß die Durchmesser der Oeffnungen sich wie die Quadratwurzeln der Brennweiten der Objectivgläser verhalten, und daß die Brennweiten der Augengläser dasselbe Verhältniß haben müssen, wenn die Helligkeit und Deutlichkeit in verschiedenen Fernröhren einerley seyn sollen. Daraus folget der oben angeführte Satz sehr leicht. Zu merken ist, daß Huygens hierbey bloß auf die Undeutlichkeit sieht, welche durch die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen verursachet wird, und welche nach dieser Regel immer innerhalb derselben Gränzen eingeschränket wird. Die andere Art, welche von der sphärischen Gestalt der Gläser herrühret, und gegen jene sehr klein ist, setzet er, wie er ausdrücklich erinnert, gänzlich bey Seite. Wegen dieser letztern Art der Undeutlichkeit müssen die Brennweiten der Objectivgläser sich, wie die Cubicwurzeln aus den Biquadraten der Zahlen der Vergrößerung, verhalten, wenn die Undeutlichkeit in denselben Gränzen eingeschlossen bleiben soll. Euleri Dioptr. T. 2. § 194. Hr Euler scheint bey der Vergleichung seiner Regel mit der Hugenianischen l. c. § 199 auf den Unterschied der Voraussetzungen für beyde nicht Acht gegeben zu haben. Beyde, deucht mich, können sehr wohl

Auzout von der Größe der Oeffnungen der Objective.

Ehe ich von dem reflectirenden Teleskop rede, muß ich noch anführen, daß Auzout, in einem der königlichen Gesellschaft eingereichten Aufsatze gewiesen hat, daß die Durchmesser der Oeffnungen, welche die Objectivgläser dioptrischer Fernröhre der Deutlichkeit wegen vertragen können, sich wie die Quadratwurzeln der Brennweiten verhalten, darüber er eine Tabelle der Oeffnungen für Brennweiten von 4 Zoll bis 400 Fuß berechnete [k]). Doch bemerkete Dr. Hooke bey dieser Gelegenheit, daß dasselbe Glas, nach Maasgabe des größern oder geringern Lichtes des Gegenstandes eine kleinere oder größere Oeffnung haben wolle. Z. E. die Sonne, die Venus, oder einen Fixstern zu betrachten, gebrauchete er kleinere Oeffnungen; allein den Mond bey Tage, oder den Saturn, Jupiter und Mars bey Nacht zu beobachten, nahm er größere Oeffnungen [l]).

Alle diese schönen Erfindungen wurden durch das reflectirende Teleskop gewissermaßen unbrauchbar gemachet. Denn ein dioptrisches Fernrohr, wenn man es auch 1000 Fuß lang machen und es regieren könnte, würde nicht mehr als tausendmal vergrößern, weil man ein Ocularglas von wenigsten einen Fuß Brennweite nehmen müßte; da hingegen ein reflectirendes, das nicht über 9 oder 10 Fuß lang ist, 1200 mal vergrößern kann [m]).

Geschichte des reflectirenden Teleskops.

Den glücklichen Einfall, ein reflectirendes Teleskop zu machen, hatte ein Engländer, Jakob Gregory, der auf diese wichtige Erfindung beym Nachsinnen fiel, wie eine, im Grunde nicht viel bedeutende Unbequemlichkeit bey sphärischen Linsengläsern könnte gehoben werden. Doch war die Art, wie er seinen Entwurf ausführen wollte, so beschaffen, daß er niemals zur Vollkommenheit gebracht oder brauchbar werden konnte.

Er bemerkete, daß durch ein sphärisches Linsenglas das Bild einer auf die Axe senkrecht stehenden ebenen Figur nicht wieder eben, sondern gekrümmet, und zwar gegen das Glas hohl seyn wird; und daß, wenn das Bild eben seyn soll, die Flächen des Glases nach der Figur eines Kegelschnittes geschliffen seyn müssen. Daß es nicht angehen würde, den Gläsern solche Gestalt zu geben, wußte er aus den mislungenen Versuchen älterer Künstler; aber er dachte, wiewohl irrig, daß es leichter seyn möchte, einen metallenen Spiegel nach der Figur eines Kegelschnittes zu schleifen und zu poliren, und folgends ein Bild durch zurückgeworfenes Licht zu erhalten. In diesen Gedanken schlug er ein Teleskop mit zwey metallenen Spiegeln vor. Einer der Spiegel, der hinten in die Röhre kommen sollte, war parabelförmig, und sollte

wohl neben einander bestehen. Ich finde durch eine auf Herrn Eulers Formeln gegründete Rechnung, daß der Winkel zweener ungleichartiger Strahlen, nachdem sie durch das Ocularglas gegangen sind, bey gleicher Helligkeit des Bildes, einerley ist, wenn sich die Brennweiten der Vordergläser verhalten, wie das Product aus der Zahl der Vergrößerung in eben diese um Eins vermehrte Zahl. Dieses kömmt bey einigermaßen großen Vergrößerungen mit Huygens Regel sinnlich überein. Die Helligkeit ist nach Hrn Eulers Formel dieselbe, wenn der Oeffnungs Durchmesser sich wie die Vergrößerung verhält, wie bey Huygens seiner Regel. K.

k) Philos. transf. abr. vol. 1. p. 191.

l) Ibid. p. 192.

m) Montucla, vol. 2. p 608.

sollte die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gegenstandes herkämen, wieder in einen Punkt vereinigen. In der Axe dieses Spiegels ward der Mittelpunkt eines kleinern elliptischen Spiegels gesetzet, der jene Strahlen zurücksenden, und ein Bild des Gegenstandes nicht weit vor dem großen parabolischen Spiegel entwerfen sollte. Dieser letztere war in der Mitte durchbohret, um ein schickliches Augenglas daselbst anzubringen, dadurch man das Bild, wie in einem gewöhnlichen Fernrohre, betrachten könnte.

Wenn es gleich mit der Krümmung der Bilder ebener Gegenstände durch sphärische Gläser seine Richtigkeit hat, so ist der daraus entstehende Fehler doch unmerklich, weil die Flächen der Gläser nur sehr kleine Kugelstücken sind. n) Außerdem fand man es nicht leichter, einem Spiegel eine parabolische oder elliptische Gestalt zu geben, als einem Glase. o) In der That brachte auch Gregory sein Teleskop niemals zu einiger Vollkommenheit. Denn er selbst machete auf mechanische Geschicklichkeit keinen Anspruch, und schlug die Sache nur andern zur Ausführung vor. Er hatte zwar einen sphärischen metallenen Objectivspiegel, und sowohl einen kleinen hohlen als erhabenen Spiegel, von Reives und Cox geschliffen, bekommen; weil sie aber nicht gut polirt waren, machete er nur unvollkommene Versuche damit, ohne sie einmal in eine Röhre zu fassen. Aus Unmuth, daß er keinen parabolischen Spiegel bekommen konnte, und der andere, damit er die Probe machete, nicht gut polirt war, gab er den Gedanken, solche Teleskope in Gang zu bringen, ganz auf. p) Sir Isaak Newton aber, der Gregorys angebliche Verbesserungen durch parabolische und elliptische Spiegel fahren ließ, behielt seinen Gedanken, statt der Brechung lieber die Zurückwerfung zu gebrauchen, bey, begnügete sich mit sphärischen Spiegeln, und brachte also sein wirklich bewundernswürdiges Teleskop hervor, davon nebst den dabey nach und nach angebrachten Verbesserungen in der Folge Nachricht ertheilet werden soll. q)

Dr. Hooke verfertigte ein reflectirendes Teleskop, davon der große Spiegel durchbohret war, dergestalt, daß der Beobachter gerade auf den Gegenstand hinsieht. Es ward der königlichen Gesellschaft den 5ten Febr. 1674 vorgezeiget. r) Bey dieser Gelegenheit wurde erinnert, daß diese Einrichtung zu allererst vom Mersennus vorgeschlagen, und darauf vom Gregory aufs neue empfohlen, aber, so viel man wüßte, von Niemanden vor Dr. Hooke wirklich ins Werk gerichtet worden wäre.

n) Betrachtet man die Abweichung der Strahlen von dem Vereinigungspunkte nicht, das ist, setzet man die Winkel ihren Sinus oder auch ihren Tangenten proportional, so entdecket die schärfste, unter dieser Voraussetzung, angestellte Rechnung keine Krümmung des Bildes einer ebenen Figur. Ich habe eine solche Rechnung zu dem zweyten Bande der deutschen Schriften der Götting. Gesellsch. der Wissensch. geliefert. K.

o) In der Folge hat doch Short Mittel gefunden, seinen Spiegeln eine parabolische Form zu geben: Man sehe Euleri Dioptr. T. II. p. 530. auch unter den 13. Abschn. der 6 Periode. K.

p) Gregory's Opticks, p. 212.

q) Montucla, vol. 2. p. 595.

r) Birch's history, vol. 3. p. 122.

Eine Beschreibung dieses Werkzeuges findet man in den vom Derham herausgegebenen Versuchen des Dr. Hooke. S. 269.

Mikroskop des Divini.

Ich wende mich itzt zu der Erzählung der Verbesserungen, die man in dieser Periode mit den **Mikroskopen** vorgenommen hat. **Eustachio Divini** machete Mikroskope mit zwey gewöhnlichen Objectivgläsern, und zwey plan-convexen Augengläsern, die an ihren erhabenen Seiten an einander gefüget waren, so daß sie sich in einem Puncte berühreten. Die Röhre, worinnen sie gefasset waren, war so dick, wie eines Mannes Bein, und die Augengläser fast so breit wie die flache Hand. s) Der Secretär der königl. Gesellschaft, Oldenburg, erhielt eine Beschreibung dieses Werkzeuges von Rom, die er den 6ten August 1668 vorlas.

Hartsoekers Kugelmikroskope.

Um diese Zeit machete **Hartsoeker** die Erfindung, kleine in einer Lichtflamme geschmolzene Kügelchen, statt der Linsengläser, die man vorher zu einfachen Mikroskopen gebrauchet hatte, zu nehmen. Mit diesen entdeckete er zuerst die **Saamenthierchen**, die zu einem neuen System der Zeugung Gelegenheit gaben. Ein solches Mikroskop, wenn es ein Kügelchen, $\frac{1}{10}$ Zoll im Durchmesser ist, vergrößert, wie Huygens bewiesen, hundertmal t); und weil sie leicht eine halbe Linie und darunter dick gemachet werden können, kann man eine zwey- bis dreyhundertfache Vergrößerung erhalten. Stünde nicht die Schwierigkeit, die Objecte bey ihnen anzubringen, der Mangel des Lichtes, u) und die Kleinheit des deutlichen Gesichtsfeldes, im Wege, so würden sie die vollkommenste Art von Mikroskopen seyn.

Leeuwenhoeks Mikroskope.

Aber Niemand that sich durch mikroskopische Entdeckungen so sehr, wie **Leeuwenhoek**, hervor, ob er gleich blos Linsengläser mit kurzen Brennweiten gebrauchete, weil ihm mehr an der Deutlichkeit als an der Vergrößerung gelegen war.

Leeuwenhoeks Mikroskope waren alles einfache. Jedes bestand aus einem auf beyden Seiten erhabenen Glase, welches zwischen zwo silbernen, zusammen genieteten und in der Mitte durchbohrten Platten, in einer Vertiefung lag. Der Gegenstand ward auf einer Nadel befestiget, die man in jede beliebige Entfernung vom Glase bringen konnte. War es ein fester Körper, den er betrachten wollte, so befestigte er ihn mit Leim; war es ein flüßiger, oder hatte er sonst Ursachen, ihn auf Glas auszubreiten, so legete er ihn auf russischen Talk, oder sehr dünn geblasenes Glas, und leimete dieses an die Nadel. Doch hatte er eine besondere Vorrichtung, den Kreislauf des Geblütes zu betrachten, welche er an eben diese Mikroskope anbringen konnte.

Den

s) Ibid. vol. 4. p. 313. (Das gedoppelte Augenglas beschreibt auch Faber in Synopsi opt. p. 131. und rühmet die Vortheile, daß es den farbichten Rand wegnehme, daß es das Verhältniß der Theile des Gegenstandes nicht verändere, daß es sowohl das Object als das Gesichtsfeld mehr vergrößere. K.)

t) Hugenii Dioptr. prop. 59.) H. hat zum Exempel ein Kügelchen von $\frac{1}{12}$ Zoll im Durchmesser, dessen Vergrößerung er auf 128 setzet. Er berechnet die Vergrößerung in dem Verhältnisse von $\frac{3}{4}$ des Durchmessers des Kügelchen zu 8 Zoll, als der Gränze des deutlichen Sehens. K.)

u) Man muß, wie Huygens zeiget, die Sache doppelt so nahe an das Kügelchen halten, als an die Linse, bey einerley Vergrößerung. K.

Den größesten Theil seiner Mikroskope vermachete Leeuwenhoek der königlichen Gesellschaft. Sie waren in einem Schränkchen v) verwahret, dessen Schiebladen dreyzehen kleine Kästchen enthielten, in deren jedem zwo saubere in Silber gefassete Mikroskope lagen. Sowohl die Gläser als das Zubehör waren von seiner eigenen Hand gearbeitet.

Diese Linsen sind alle von vortrefflich hellem Glase; doch vergrößert keine so sehr, wie die sonst häufig zu Mikroskopen dienende Kügelchen. Dagegen fand Herr Folkes, der sie untersuchete, daß sie die Gegenstände sehr deutlich darstelleten, welches Leeuwenhoek vorzüglich suchete. Seine Entdeckungen muß man inzwischen nicht sowohl der Vortrefflichkeit seiner Gläser, als vielmehr seiner durch lange Erfahrung, bey dem Gebrauche derselben, erworbenen großen Beurtheilungskraft zuschreiben. Dabey hatte er eine besonders kunstreiche Manier in der Zubereitung der Gegenstände, um sie auf die vortheilhafteste Art zu betrachten. Deswegen ist es unschicklich, irgend eine von Leeuwenhoeks Beobachtungen übereilter Weise zu verwerfen. Denn er selbst erinnert mehr als einmal, daß sogar die geübtesten in dem Gebrauche des Mikroskops Fehltritte begehen können, wenn sie zu voreilig sind, über das, was sie sehen, zu urtheilen, und sich nicht durch wiederholte Beobachtungen zu versichern suchen. So manche seiner wundervollen Entdeckungen sind von den vorsichtigsten Beobachtern bestätiget worden, daß man in seine Genauigkeit bey denjenigen, welche man nicht so oft und so sorgfältig wiederhohlet hat, keine Ursache hat, Zweifel zu setzen. w)

Baker, der Leeuwenhoeks Mikroskope gleichfalls untersuchete, und der königl. Gesellschaft davon Bericht abstattete, fand, daß die stärksten den Durchmesser eines Gegenstandes etwa 160 mal vergrößerten; daß aber die übrigen lange nicht so starke Wirkung thaten. Hieraus folgerte er, daß Leeuwenhoek zu manchen seiner Entdeckungen weit stärkere Mikroskope gebrauchet haben müßte, welches, wie er saget, durch manche Umstände sonst noch bekräftiget wird. x)

Erste Idee vom Lieberkühnschen Mikroskop.

Aus Leeuwenhoeks Schriften erhellet, daß ihm die Methode, undurchsichtige Gegenstände vermittelst eines reflectirenden Hohlspiegels zu betrachten, welche Lieberkühn in der Folge zur Vollkommenheit gebracht hat, nicht unbekannt gewesen ist. Denn nach der Beschreibung seiner Vorrichtung, Aale in Glasröhren zu betrachten, füget er hinzu, daß er ein Instrument hätte, woran sich ein in Messing gefaßtes Mikroskop schrauben ließe; daß auf diesem Mikroskop eine kleine messingene Schüssel befestiget wäre, und daß er das Messing rund um sein Mikroskop, so viel als möglich, ausgefeilet hätte, damit es alles mögliche Licht auf das betrachtete Object zurückwerfen möchte. Dieses Mikroskop mit seiner Schüssel, davon eine genaue, aus seinen Werken genommene, Abzeichnung in der fig. 39. beygefüget ist, (fig. 39.) sieht dem Lieberkühnischen Mikroskope für dunkle Gegenstände, mit dem silbernen

 Spiegel,

v) Im Engl. Indian Cabinet.
w) Philos. trans. abr. vol. 6. p. 154. etc.
x) Ibid. vol. 8. p. 122.

Spiegel, so ähnlich, daß man wohl annehmen kan, daß es dem sinnreichen Erfinder zur Veranlassung gedienet habe, wofern er sonst es bemerket hat. y).

Das Wilsonsche.

Im Jahre 1702 machete Wilson an den einfachen Vergrößerern, so fern sie bey durchsichtigen Gegenständen gebrauchet werden, einige sinnreiche Verbesserungen, die so allgemein beliebt geworden sind, daß man sich gegenwärtig fast keiner andern Art bedienet. Der Hauptvortheil seines Mikroskops besteht darinnen, daß es ein ziemlich großes Linsenglas hat, die Gegenstände hinlänglich zu erleuchten; und daß es überdem mit einer feinen Schraube und Feder versehen ist, das Object dem vergrößernden Glase zu nähern, oder davon zu entfernen. Eine Beschreibung dieses Werkzeuges findet man in den Philos. Trans. abridg. vol. 4. p. 199. z) Das Wilsonsche Mikroskop ist auch ein nothwendiges Zubehör des nachher erfundenen Sonnenmikroskops.

Adams Methode, Glaskügelchen zu machen.

Im Jahre 1710 legete Adams der königl Gesellschaft seine Methode vor, kleine Kügelchen zu starken Vergrößerern zuzubereiten. Er nahm ein Stück feines Fensterglas, schnitt es mit einem Diamant in eine beliebige Anzahl Streifen, die nicht über $\frac{1}{8}$ Zoll breit waren. Darauf hielt er einen derselben zwischen dem Zeigefinger und Daumen jeder Hand, über einer sehr reinen Flamme, bis das Glas weich wurde, zog es alsdenn aus einander, daß es so fein wie ein Haar ward, und entzwey brach. Alsdenn hielt er das Ende jedes Stücks in den reinsten Theil der Flamme, so bekam er sogleich zwey Kügelchen, die er nach Gefallen größer oder kleiner machen konnte. Hielt er sie lange in die Flamme, so bekamen sie Flecken. Deswegen zog er sie sogleich, wie sie rund wurden, heraus. Den Stiel brach er an den Kügelchen so nahe als möglich, ab, und legete das übrige zwischen die Platten, worinnen genau runde Löcher gedrehet waren. So erhielt er ein vortreffliches Mikroskop. Durch diese Vergrößerer, saget er, erschien ihm ein Faden feines Musselin drey- bis viermal dicker, als durch die stärksten Wilsonschen. a)

Greys Wassermikroskop.

Der sinnreiche Grey, der schon oben erwähnet ist, fiel auf ein leichtes Mittel, mit sehr wenigen Kosten gute Mikroskope, freylich nur für eine Zeitlang, zu machen. Das Kunststück besteht darinnen, daß man mit einer Nadelspitze einen Tropfen Wasser aufnimmt, und ihn in ein kleines Loch in einer metallenen Platte thut. Diese Wasserkügelchen vergrößern zwar nicht so viel, als gläserne von gleicher Größe (denn die brechende Kraft des Wassers ist geringer); dies kann man aber dadurch ersetzen, daß man sie desto kleiner machet.

Mikroskop, worinnen das Object eingeschlossen.

Noch ein sehr guter Einfall von ihm ist dieser. Er bemerkete, daß die kleinen ungleichartigen Theilchen in den Vergrößerungsgläsern sehr vergrößert erschienen. Also setzete er in seine Wassermikroskope lebendige Thierchen, um zu sehen, wie sie in dieser neuen Stellung erscheinen würden, und fand seine Erwartung auch so übertroffen,

y) Philos. trans. vol. 8. p. 128. (Leeuwenhoek beschreibt diese Einrichtung in den Arcanis nat. detectis p. 182, in einem Briefe an die Engl. Gesellschaft vom 12. Jan. 1689. Er redet aber davon bloß als von einem Werkzeuge zur Betrachtung des Kreislaufes des Blutes in Aalen. K.)

z) Auch in Wolfii elem. Dioptr. § 421. Tab. IX. fig. 69. K.

a) Philos. trans. abr. vol. 4. p. 204.

troffen, daß er die starke Vergrößerung derselben nicht einmal zu erklären wußte. Denn sie war weit stärker, als wenn das Object an der gehörigen Stelle außerhalb des Kügelchens gestellet worden wäre. Aber Montucla bemerket, daß wenn eine Sache in einem solchen durchsichtigen Kügelchen sich befindet, die von dem Auge abgewandte Seite desselben, wie ein Hohlspiegel anzusehen ist, wenn die Sache zwischen der Fläche desselben und dem Brennpunkte lieget, und daß sie deswegen $3\frac{1}{3}$ mal größer scheint, als wenn sie auf die gewöhnliche Art in den Brennpunkt des Kügelchens gestellet wäre [b].

In dieser Periode fieng man an, **Mikrometer** an Fernröhren und Vergrößerern anzubringen, um dadurch die Durchmesser kleiner Körper, und alle kleine Entfernungen weit genauer, als es mit Quadranten, Sextanten, u. d. gl. geschehen kann, zu messen. Dieses bewerkstelligte man dadurch, daß man das Bild des Gegenstandes in dem Brennpunkte des Objectivglases maaß, wozu man allerhand mechanische Einrichtungen erdachte. Vor der Erfindung dieser Methode pflegten die Beobachter das Gesichtsfeld jedes Fernrohres mit dem darinn sichtbaren Stücke des Mondes zu vergleichen, dessen Durchmesser man auf 15 bis 16 Min. rechnete [c]; bestimmeten daraus die scheinbare Größe desselben, und daraus ferner die andern Entfernungen nach dem Augenmaaße.

Mikrometer.

Der erste, der auf jene genauere Methode fiel, war **Gascoigne**, vor den bürgerlichen Kriegen in England. Er war es auch, der die Dioptern an Quadranten mit dem Fernrohre vertauschete [d]. Eine Abhandlung über die Optik hatte er zum Drucke fertig gemachet. Er ward aber unglücklicher Weise in den Diensten Carls I. getödtet, und seine Handschrift gieng verloren. Doch fiel sein Instrument in die Hände **Townleys**, der versichert, daß er mit demselbigen einen Fuß in 40000 Theile theilen könnte.

Erster Erfinder.

Dr. **Hooke**, der des Gascoigne Instrument zu sehen bekam, machete eine Zeichnung und Beschreibung davon, nebst einigen Verbesserungen bekannt, die man in den Phil. transf. abr. vol. 1. p. 217 findet. Gascoigne theilete das Bild im Brennpunkte durch die Bewegung zweyer metallener Platten, mit sehr scharfen Ecken, ein, statt deren Dr. Hooke zwey feine parallel gespannte Haare vorschlug. Noch zwo andere Methoden vom Hooke findet man in seinen nachgelassenen Werken, p. 497. 498. Einige merkwürdige Beobachtungen, die Gascoigne mit seinem Mikrometer, besonders über die Durchmesser des Mondes und anderer Planeten, anstellete, findet man in den Philosoph. transact. vol. 48. p. 190.

Huygens bedienete sich, die Durchmesser der Planeten, oder sonst kleine Winkel zu messen, folgendes Verfahrens, welches er in dem 1659 herausgekommenen Systemate Saturnio beschreibt. Zuerst maaß er das Gesichtsfeld seines Fernrohres,

Huygenianisches Mikrometer.

b) Montucla, vol. 2. p. 610. Aus Smiths Optik, d. d. A. S. 349.)

c) Miscell. Berol. vol. 1. p. 202.

d) Philos. transf. vol. 48. p. 190. (Townleys Nachricht von Gascoignes Mikrometer steht in den Philos. transf. Nr. 25. p. 457. Die Papiere, welche Gascoignes Beobachtungen mit dem Mikrometer enthalten, sind vom Jahre 1640, wie Bevis in den Ph. tr. vol. 48 bezeuget. K.)

res, [e]) welches, wie er saget, am besten geschieht, wenn man die Zeit des Durchganges eines Sterns durch dasselbe beobachtet. Dann hatte er zwey oder drey lange und dünne Messingplatten, von verschiedenen Breiten, deren Seiten recht gerade, und allmählig zusammenlaufend waren. Eine davon schob er durch zwey Einschnitte in dem Fernrohre, dem Orte des Bildes gerade zur Seite, und beobachtete, an welcher Stelle sie den Planeten, oder die Entfernung, die er messen wollte, genau bedeckete. Allein Newton erinnert, daß die Durchmesser der Planeten auf diese Weise zu groß ausfallen, so wie alle helle Sachen größer erscheinen, wenn sie auf einem dunkeln Grunde gesehen werden [f]).

Mikrometer des Marquis Malvasia.

Aus den Ephemeriden des Marchese **Malvasia**, die 1662 gedrucket sind, siehet man, daß er kleine Entfernungen der Fixsterne, und die Durchmesser der Planeten zu messen, auch genaue Abzeichnungen der Mondesflecken zu machen, gewußt hat, und zwar vermittelst eines Gitters von Silberdrat, welches in dem gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectiv- und Augenglases angebracht war. Durch die Umdrehung des Gitters oder Fernrohres ließ er einen dem Aequator nahen Stern längst einem der Faden des Netzes sich bewegen, zählete nach einer Secundenuhr die Zeit, welche auf dem Wege desselben von einem Faden zum andern verfloß, daraus er also die Entfernungen der Fäden in Minuten und Secunden eines Grades ausgedrückt erhielt. [g])

Auzouts und Picards.

Im J. 1666 gaben **Auzout** und **Picard** die Beschreibung eines Mikrometers heraus, welches dem vom Marquis Malvasia erfundenen sehr ähnlich war, außer daß sie sich zur Eintheilung einer Schraube mit mehrerer Genauigkeit bedieneten. Sie gebraucheten auch seidene Fäden, die feiner als Silberfäden sind [h]). Auch **Dechales** empfiehlt zum Mikrometer ein Gitter von feinem Silberdrat oder seidenen Fäden, deren Entfernungen von einander man genau weis, besonders zur Aufnahme einer Mondkarte [i]).

De la Hirisches, eigentlich Römersches Mikrometer.

De la Hire giebt dem Fadengitter zur Beobachtung der Größe einer Sonnen- oder Mondsfinsterniß den Vorzug vor allen. Diese, sagete er, machete man gewöhnlich aus seidenen Fäden, oder nähme in Oel getränktes Papier mit sechs darauf gezeichneten concentrischen Kreisen, statt dessen er aber dünnes Glas zu nehmen, und die Kreise mit der Spitze eines Diamants darauf zu zeichnen anräth. Weil aber

e) Huygens stellete in den Ort des Bildes eine messingene Platte mit einer runden Oeffnung, um dadurch das Gesichtsfeld scharf und deutlich zu begränzen. K.

f) Smith's Optiks. vol. 2. p. 342. d. d. A. S. 316.

g) Mem. de l' acad. de Paris, 1717. p. 100.

h) Ibid. p. 101. (Die Beschreibung stehet in einem Extract d' une lettre de Mr. Auzout du 28 Dec. 1666. à Mr. Oldenbourg, Secretaire de la Soc. R. d' Angleterre, touchant la maniere de prendre les Diametres des Planetes, etc. welchen de la Hire in den Ouvrages posthumes de Mrs. de l' Academie 1693. wieder abdrucken lassen. Dieses Mikrometer hatte einen beweglichen Rahmen, der vermittelst einer Feder gegen die Schraube angedrücket ward, die den Rahmen mit dem daran befindlichen Faden vorwärts oder rückwärts bewegete. Mem. de l' Acad. de Paris, 1717, p. 72. 73. K.)

i) Acta Erud. 1710. p. 464.

aber bey der gewöhnlichen Art verschiedene Schwierigkeiten sich äußern, so giebt er eine andere Art an, wodurch diese vermieden werden, und nach welcher man das einmal gezeichnete Mikrometer zu allen Durchmessern der Sonne und des Mondes gebrauchen kann. Es besteht wieder aus sechs concentrischen auf Glas gezogenen Kreisen, oder auch aus parallelen geraden Linien. Das Fernrohr bekömmt zwey Objectivgläser, von ohngefähr gleichen Brennweiten, die nahe hinter einander gestellet werden. Das Bild des Gegenstandes fällt näher an dieses gedoppelte Glas, als es an eines derselben allein fallen würde, und rücket weiter ab, je weiter die Gläser von einander geschoben werden. Den äußersten der sechs Kreise nimmt er noch ein wenig größer als es für den größten scheinbaren Durchmesser des Mondes gehöret; durch die Stellung der Gläser kann man immer erhalten, daß dieser Kreis das Sonnen- oder Mondsbild genau fasse. Nachdem er seine Erfindung schon beschrieben, saget er, habe er noch gefunden, daß **Römer** eine gleiche Methode angegeben habe, nur daß dieser seidene Fäden brauche, die nicht so gut, wie die auf Glas sauber gezeichneten Linien, seyn. k)

Cassinis und Bradleys Mikrometer.

Cassini erfand ein sehr sinnreiches Mittel, die Rectascensionen und Declinationen zu beobachten, nämlich durch vier Kreuzfäden, die in dem Brennpunkte befestiget waren, und mit deren einem der Stern parallel laufend gemachet wurde. Die Schwierigkeit, welche in der Ausführung noch übrig blieb, ward durch eine mechanische Einrichtung des Dr. **Bradley** gehoben. l) Weil ich aber bey dem, was blos mechanisch ist, mich nicht aufhalten kann, so verweise ich den Leser auf Smiths Beschreibung des besten Mikrometers dieser Art. m)

Von Segners Methode zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes.

In neuern Zeiten hat Hr **von Segner** ein Mittel zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes an diesen Mikrometern vorgeschlagen, da er nämlich das Augenglas beweglich machet, oder mehrere Augengläser neben einander stellet. Zwo aber, glaubet er, werden hinlänglich seyn, und giebt nähern Unterricht von dem Gebrauche eines solchen Mikrometers zu astronomischen Beobachtungen. n)

Leeuwenhoeks und Jurins Verfahren bey Mikroskopen.

Leeuwenhoek pflegte, um die Größe **kleiner Gegenstände** zu schätzen, sie mit Sandkörnern zu vergleichen, deren 100 an einander geleget, einen Zoll ausmacheten. Diese Körnerchen legete er neben den Gegenstand, um sie mit diesen zu gleicher Zeit zu betrachten. o) Dr. **Jurin** wand einen feinen Silberdrat, dessen Durchmesser er erfahren wollte, so dicht als möglich, um eine Stecknadel, und zählete die Umläufe in der Länge eines Zolles. Sonst gebrauchete er den Silberdrat eben so, wie Leeuwenhoek seine Sandkörner. p)

Hr

k) Mem. de l' Acad. de Paris 1701. p. 160. Weil Hrn P. Nachricht von dieser Erfindung des de la Hire etwas unvollkommen war, so habe ich den Absatz umgeändert. K.

l) Smith's Opticks, vol. 2. p. 343. d. d. A. S. 318.

m) Ibid. p. 345. d. d. A. S. 319.

n) Comm. Goetting. vol. 1. p. 27.

o) Baker on the microscope, p. 42.

p) Kästners Lehrbegriff der Optik S. 351. K.

Martins Mikrometer an Mikroskopen.

Hr Martin schlägt in seiner Optik ein Mikrometer, wie es an Fernröhren gebrauchet wird, auch bey Mikroskopen vor. Es sollen nämlich auf Glas mit einer feinen Diamantspitze eine gewisse Anzahl paralleler Linien, $\frac{1}{40}$ Zoll von einander, gezogen werden. Das Glas wird in dem Orte des Bildes angebracht. Durch Hülfe eines solchen Gitters hat Dr. Smith eine genaue Abzeichnung eines Gegenstandes zu machen gelehret. Denn man darf nur die Theile des Gegenstandes in ein ähnliches auf Papier gezeichnetes Gitter eintragen. q) Hr Martin bedienet sich auch einer Schraube. Beyde Arten beschreibt er in seiner Optik, S. 277.

Hookens Methode.

Dr. Hooke pflegete mit einem Auge auf das vergrößerte Object, und zu gleicher Zeit mit dem andern auf andere gleich weit entfernte Gegenstände zu sehen. Auf solche Weise war er, vermittelst eines in Zolle und kleinere Theile getheilten Lineals, das auf dem Fuße des Mikroskops lag, im Stande, die scheinbare Größe der Sache durchs Glas auf dem Lineale zu entwerfen, und genau zu messen; aus deren Vergleichung mit ihrer Größe, durchs bloße Auge betrachtet, die Stärke der Vergrößerung leicht bestimmet ward. Baker lobet diese Methode, und versichert aus seiner Erfahrung, daß sie durch ein wenig Uebung sehr geläufig und angenehm werde. r)

Ein paar vermischte Artikel, einige Erfindungen von Dr. Hooke in der praktischen Optik betreffend, will ich noch beybringen, und darauf mit der Geschichte der Brennspiegel schließen.

Praktische Erfindungen vom Hooke.

Man hat Dr. Hooken eine schöne Einrichtung, wie man in die Sonne, ohne den Augen zu schaden, sehen könne, zu danken. Die Strahlen sollen, nach seinem Vorschlage, von einem Planspiegel zum andern so lange zurück geworfen werden, bis man sie so geschwächet hat, daß sie dem Auge völlig unschädlich und angenehm sind. Diese Art ist weit besser, als wenn man die Sonne durch ein mit Rauch angelaufenes oder gefärbtes Glas betrachtet, dadurch sie eine rothe und heßliche Farbe bekömmt. Seinen Aufsatz hierüber las er der Gesellschaft den 28sten Junius 1675 vor. s)

Er erfand auch für kurzsichtige Personen ein Werkzeug, das aus zwey Convexgläsern bestand, dessen Beschreibung er der Gesellschaft im Jahre 1679 mittheilete. Darinnen bemerket er, daß durch die beständige Gewohnheit, die Sachen umgekehrt zu sehen, wie man sie durch dieses Werkzeug sieht, diese Stellung so natürlich als die aufrechte würde; und ist der Meynung, daß ein Mensch, der von Kindheit an die Sachen umgekehrt zu sehen gewöhnet wäre, und hernach sie ohne diese Gläser ansähe, sie für umgekehrt halten würde, wie es ihre Bilder auf der Netzhaut sind. t) Noch erfand er eine tragbare Camera obscura, um Sachen in Lebensgröße abzuzeichnen. u)

Der

q) Baker, l. c. p. 48.
r) Ibid p. 45.
s) Birch's history, vol. 3. p. 179.
t) Ibid. vol. 3. p. 500. vol. 4. p. 157.
u) Ibid. vol. 3. p. 436.

Geschichte der Brennspiegel.

Der größte Brennspiegel, der vor der Mitte des 17ten Jahrhunderts verfertiget ist, wird der vom Maginus v) seyn, welcher 20 Zolle breit war. Darauf brachte Septala, Canonicus zu Mayland, einen Brennspiegel, 3½ Fuß breit, und 15 Fuß Brennweite zu Stande. w) Um eben die Zeit machete sich Villette, ein Künstler zu Lyon, durch einen Brennspiegel von seiner Arbeit berühmt, der 30 Zolle breit war, und weil seine Brennweite nur 3 Fuß betrug, so, daß der Brennraum nicht größer, als ein damaliger halber Louisd'or, also im Verhältnisse der Fläche des Spiegels kleiner, als an dem Spiegel des Septala war, noch eine größere Hitze als dieser hervorbrachte. Mit diesem Spiegel konnte er in wenigen Secunden die schwerflüßigsten Metalle schmelzen, ja selbst Steine und Erde, welchen das gewöhnliche Feuer nichts anhaben kann, als Schmelztiegel, in eben so kurzer Zeit verglasen. Dieser Spiegel ward vom Ludwig XIV. gekaufet, und ist itzt in dem Kabinette des Königs von Frankreich befindlich. Nachher verfertigte eben dieser Künstler einen andern Brennspiegel, 44 Zolle im Durchmesser, welchen der Landgraf von Hessen kaufete. x)

Einen weit bessern Spiegel, als die Villettischen, verfertigte von Tschirnhausen um das Jahr 1687, davon man eine Nachricht in den Actis Erud. 1687, p. 52 antrifft. Dieser war etwa 4½ Pariser Fuß breit, und zündete in einer Entfernung von 12 Fuß. *) Er war nicht, wie die Villetischen, aus einer Mischung geschmolzener Metalle gemachet, sondern bestand aus einer dünnen Kupferplatte, war also im Verhältnisse seiner Größe sehr leicht. Die Wirkungen dieses Brennspiegels waren in der That erstaunend. Kein Körper, selbst der bisher für unzerstörbar gehaltene Asbest, ward gefunden, der nicht durch ihn verglaset wurde. Wegen der Unbequemlichkeit bey dem Gebrauche solcher Spiegel bemühete sich Tschirnhausen, Brenngläser von gleicher Größe und Wirkung auszuarbeiten, und brachte endlich auf einer Sächsischen Glashütte eine Glaslinse zu Stande, die auf beyden Seiten erhaben, drey Fuß breit war, und eine Brennweite von zwölf Fuß hatte. Der Brennraum war 1½ Zoll im Durchmesser. Um die Hitze zu verstärken, wurden die Strahlen noch durch ein kleiner Linsenglas verdichtet. Dieses Brennglas that einerley Wirkung mit den vorher angeführten Spiegeln, und in noch kürzerer Zeit. Der Herzog von Orleans kaufete es, und schenkte es hernach der französischen Akademie. Es wog 160 Pfunde. y)

v) Professor der Mathem. zu Bologna. Seine Spiegel hatten zum Theil bis 3 Bononische Fuß (3⅗ Pariser) Brennweite. Schott, magia nat. p. 315. K.

w) Beym Kircher ars magna lucis et umbrae p. 883. sind es aus einem Briefe eines Augenzeugen funfzehen Schritt. K.

x) Umständlichere Nachrichten von den Spiegeln des Villette in Liebknechts Disp. de speculis causticis, aus du Hamel Opp. phil. tom. 2. l. 2. c. 11. und den Philos. transf. 1665; und Journ. des Scavans 1666. Mars, 1679. Decemb. Einen von den Villetischen Brennspiegeln hat der König von Persien durch Tavernier bekommen. K.

*) Die Brennweite betrug zwo Leipziger Ellen (ulnas). Der größte Bogen des Spiegels war ungefähr drey Ellen. K.

y) Cassini hat in den Mem. de l'acad. des scienc. 1747. p. 36. eine Methode angegeben,

In den folgenden Zeiten versuchete man auch Brennspiegel von Holz und andern leichten Materien zu machen, welche man mit Firniß oder Blattgold überzog, und die auch zum Theil beträchtliche Wirkung gethan haben sollen. Doch scheinen sie nicht die vorher angeführten übertroffen zu haben, oder ihnen nur gleich gekommen zu seyn. z)

Man versuchete auch Brennspiegel, insbesondere einen von der parabolischen Form, zum praktischen Gebrauche zu nützen, dergleichen von des P. Franciscus Tertius de Lanis Erfindung, zu chymischen Arbeiten, in den Act. Erud. 1688. p. 38 beschrieben ist, der aber nicht in Gang gekommen zu seyn scheint.

Zusätze des Uebersetzers.

I.

Von Mikrometern.

Eine umständliche Beschreibung und Unterricht von dem Gebrauche der Mikrometer zu astronomischen Beobachtungen findet man in des Hrn de la Lande Astronomie, 13. und 14. Buche, als von dem Mikrometer mit 4 Fäden, die sich unter Winkeln von 45° kreuzen; § 1864 und 2000 ff. der ersten Ausgabe; dem Rhomboidalischen von Bradley, das jetzt am gewöhnlichsten ist, § 1867 und 2007, von dem mit einem beweglichen Faden, sowohl demjenigen, da der Rahmen, worinn dieser Faden gespannet ist, sich nicht drehen kann, als dem, in welchem er sich drehen läßt, § 1873 und 2016 ff. Dieses sind die von Smith S. 319 der d. A. beschriebene. Die Einrichtung und den Gebrauch des erstern hat de la Hire, Mem. de l' Acad. de Paris 1701. p. 135, beschrieben, wiewohl es eigentlich Römern gehöret. Die Erfindung, den Rahmen des laufenden Fadens zu drehen, ist von Bradley. Noch eines, vom Ritter de Louville in den Mem. de l' acad. de Paris, 1714, angegebenes, das aus zwey unbeweglichen auf einander senkrechten, und einem beweglichen Faden besteht, und die Höhen der Sterne genau zu nehmen dienet, beschreibet de la Lande umständlich, a. a. O. § 1880 ff.

Sehr schöne mathematische Untersuchungen über alle Arten von Mikrometern findet man in Hrn Kästners Sammlung astronomischer Abhandlungen, 2 Samml. VII. Abh. Ich zeichne nur einiges historisches aus. Das von dem Marchese Malvasia

geben, wie man sich der Hohlspiegel zur Schmelzung der Metalle eben so gut, wie der Brennspiegel, bedienen könne. Sie besteht darinnen, daß man zwischen dem Spiegel und seinem Brennpunkte einen kleinen Hohlspiegel stellet, der die Strahlen zum zweytemale auf die zu schmelzende Sache zurückwirft. K.

z) Montucla, vol. 2. p. 612. (Gärtner, ein Künstler zu Dresden, hat einen Brennspiegel von Holz gemachet, der sehr große Wirkung gethan hat. Wolfii Catoptr. § 221. Zahn erzählet, daß Neumann, ein Ingenieur zu Wien, mit einem Brennspiegel von Pappe, der mit Stroh überzogen gewesen, Metalle geschmolzen habe. Ibid. § 223. K.)

Malvasia zuerst angegebene Mikrometer verfertiget jetzt der augspurgische Mechanicus, Hr Brander, in großer Vollkommenheit, nur daß er statt der Fäden, sehr feine Striche aufs Glas ziehet, die kaum $\frac{1}{200}$ einer Linie breit, und sehr nahe, als $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ einer pariser Linie, bey einander sind — Einen leeren Kreis statt des Mikrometers zu gebrauchen, hat Hr de la Lande in der neuen Ausgabe seiner Astronomie vorgeschlagen — das Mikrometer, welches aus einem gleichschenklichten Dreyeck, und einem der Grundlinie parallelen Faden besteht, hat der Jesuit Pickel in einer 1772 zu Dillingen gehaltenen Disputation, de micrometris, quae filis constant, in angulum coeuntibus, beschrieben. Es ist das, worauf in der letztern Anm. [l]) verwiesen ist. Das Rautennetz ist ihm vorzuziehen, weil es keinen unbrauchbaren Abschnitt im Fernrohre machet, wie jenes und noch andere Bequemlichkeiten im Gebrauche hat — Gottfried Kirch, ein Berliner Astronome, hat 1679 ein sehr wohlfeiles Mikrometer erfunden, und zuerst in seinem 1696 herausgekommenen Calender bekannt gemachet. Es besteht aus einem Ringe, der an beyden Enden eines Durchmessers durchbohret ist, dadurch Schrauben hineingehen, die in dem Mittelpunkte des Ringes zusammenkommen. Weiten der Sterne zu messen, zieht es Hr Euler allen künstlichern vor. Mem. de l' Acad. de Prusse, 1748. p. 121. Man kann auch damit die Sehnen des verfinsterten Theiles bey Finsternissen der Sonne und des Mondes messen. Doch hat es seine Unbequemlichkeiten, als daß man bey der Messung die Schrauben beyde zusammendrehen und die Umdrehungen zählen muß, dabey man Zeit verlieret, und sich leicht verzählen kann. Diesem Mikrometer ähnlich ist das von de la Hire, Mem. de l' acad. de Paris, 1717. p. 72 vorgeschlagene, welches ein Tasterzirkel mit ein paar langen geraden Schenkeln ist, die sich um denselben Kopf drehen. Die krummen befinden sich da, wo das Mikrometer hingehöret, die geraden ragen durch eine Oeffnung des Fernrohres hinaus. Es scheint nie in Gebrauch gekommen zu seyn, und ist auch nicht so gut wie das Kirchische — Hecker, ein Danziger Patricius, hat ein Mikrometer unter Ueberbleibsaalen von Hevelischen Werkzeugen gefunden, das aus parallelen Fäden besteht, deren Weiten sich vermittelst Schrauben ändern lassen. Es ist von ihm in den Act. Erud. 1708. beschrieben. Im wesentlichen ist es mit dem jetzt gewöhnlichen einerley. So auch Römers Mikrometer, welches Horrebow, Basis Astron. c. 13 beschreibt, und das der Erfinder schon um 1676 angegeben hat. Denn das wesentliche des jetzt gewöhnlichen sind zween parallele Faden, deren einer beweglich, der andere unbeweglich ist, nebst einem auf beyde senkrechten. Man erhält dadurch die Unterschiede der Rectascensionen und Declinationen zweener benachbarten Sterne, am geschwindesten, wenn beyde Sterne längst den parallelen Fäden sich bewegen, und durch einige Rechnung, welche Hr Kästner sehr nett vorgetragen, wenn sie es nicht thun — Das oben nach de la Hire beschriebene Römersche Gitter mit zwey Objectiven, und das damit verwandte Helioskop findet man in dieser Abhandlung ebenfalls sehr deutlich berechnet — Der P. Helfenzrieder zu Ingolstadt hat 1773 eine Disputation gehalten, deren Aufschrift ist, Tubus astronomicus, amplissimi campi, cum micrometro suo et fenestellis ocularibus.

ocularibus. Seine Absicht ist dieselbe mit der des Hrn von Segner. Er stellet 16 gleiche Ocularglåser in eine Reihe parallel mit den horizontalen Fåden des Gitters, welches zum Mikrometer dienet, und diese sind unbeweglich. Noch nimmt er einen andern Rahmen mit 16 Ocularglåsern derselben Größe, der immer parallel mit sich selbst herauf und herunter beweget werden kann.

II.

Von den Hösischen Brennspiegeln

Des Zusammenhanges wegen füge ich einige Nachrichten von denselben aus dem alten Hamburgischen Magazine bey.

In dem 5ten Bande 3ten St. giebt Dr. Hofmann eine Nachricht von vielen Erfahrungen, die er damit angestellet hat. Höse hat verschiedene Spiegel gemachet, erst einige kleinere, alsdenn etliche von 2 Ellen, einen von 2½, und einen von 4 Ellen in der Höhe. Die Brennweiten waren nach der Ordnung 20, 22, 48 Zolle. Die Erfahrungen sind mit dem von mittlerer Größe angestellet. Ein hessischer Schmelztiegel schmolz binnen 2 Sec. zu einem grünschwarzen Glase. Einen solchen Tiegel hat Höse bey einer zehnzölligen Verfinsterung der Sonne 1748 in etlichen Secunden eben also geschmolzen. Zur Haltung der zu schmelzenden Körper war ein eiserner Bogen, von einem Rande zum andern gemachet; in dessen Mitte zwo blecherne Gabeln befindlich waren, worein die Dillen, die Körper dahinein zu stecken, gehångt wurden. Die Spiegel waren aus starken messingenen Blechtafeln sehr vollkommen zusammengefüget, und kamen der parabolischen Form nahe.

Höse hat selbst eine Nachricht von seinen parabolischen Brennspiegeln, Dresden 1755, herausgegeben, wovon in dem Hamb. Mag. 14 B. 6 St. nachzusehen ist. Es wird daselbst durch Berechnung gezeiget, daß sie wirklich der parabolischen Gestalt sehr nahe kommen.

Im 16 B. 3 St. ist eine Nachricht enthalten, wie durch Strahlen, die von einem großen Planspiegel, von etwa 4 Fuß im Quadrate, auf den Brennspiegel geworfen wurden, daß sie sich niederwårts in einem Brennpuncte vereinigten, solche Sachen, die sich nicht gut über dem Brennspiegel halten lassen, geschmolzen oder verglaset sind. Der Verf. des Aufsatzes, Schulze, hat auf solche Art mit einem Spiegel 4 Fuß 2 Zolle breit, und 1 F. 9 Z. Brennweite, Asbest, Sand, und die gemeine Holzasche, in ein grünliches Glas verwandelt.

Die Hösischen Brennspiegel übertreffen den Tschirnhausischen in der Geschwindigkeit der Wirkung gar sehr.

Siebenter Abschnitt.

Erfindungen in dem mathematischen Theile der Optik.

Ob ich es mir gleich zum Gesetze gemachet habe, bloß bey den physikalischen Entdeckungen in der Optik zu bleiben, und von den eigentlich mathematischen so wenig als möglich zu reden; so hängen doch die Materien so genau mit einander zusammen, und bedürfen eine der andern Hülfe so oft, daß es unnatürlich seyn würde, eine gänzliche Absonderung derselben zu versuchen, und insbesondere die glücklichen Bemühungen derjenigen Mathematiker mit Stillschweigen zu übergehen, die sich um die Optik verdienet gemachet haben, wenn ihre Entdeckungen auch nicht eigentlich den physikalischen Theil dieser Wissenschaft betreffen. Einige aus geometrischen Gründen hergeleitete, oder mit Hülfe der Algebra gefundene Sätze sind schon gelegentlich angeführet worden. Gegenwärtig will ich von verschiedenen andern mathematischen Entdeckungen, auf welche man bey Gelegenheit optischer Untersuchungen gekommen ist, einen allgemeinen Abriß ertheilen.

Einige Nachricht von den Brennlinien.

Diejenigen meiner Leser, welche sich noch so sehr auf die bloße Physik einschränken, werden mirs gewiß nicht übel nehmen, wenn ich so weit in das Gebiet der Geometrie hineingehe, daß ich von den **Brennlinien** (causticis) einige Nachricht ertheile; weil die Optik die erste Idee derselben veranlasset hat, und sie auch mit meiner Materie so verwandt sind, daß eine Geschichte des Wachsthumes unserer Kenntnisse von Licht und Farben ohne sie für mangelhaft müßte gehalten werden. Die Entdeckung dieser krummen Linien gehöret dem wegen seiner Brennspiegel so berühmten **von Tschirnhausen**.

Daß Lichtstrahlen, welche von einer hohlen Fläche zurückgeworfen werden, nach einem Punkte hin, dem so ganannten Brennpunkte, zusammenlaufen, ist ganz bekannt. Denn dies beweist schon die Hitze, die daselbst gewöhnlich durch sie hervorgebracht wird. Allein dieser Punkt ist nicht einfach, sondern meistens nur der Raum, in welchem die zurückgeworfenen Strahlen am dichtesten sich bey einander befinden. Es entsteht wirklich eine Art vom fortlaufenden Brennpunkte, den man auf eine leichte Weise sichtbar machen kann. Wenn man einem cylindrischen, inwendig stark polirten, Gefäße ein Licht nähert, so werden sich auf dem Boden zwo helle krumme Linien zeigen, und zwar desto deutlicher, je schiefer man das Licht gegen das Gefäß hält. Diese Linie ist die Brennlinie der Strahlen, welche diese Fläche zurückwirft, und was man insbesondere den Brennpunkt eines Hohlspiegels nennt, ist der Punkt, wo die beyden Zweige der Brennlinie zusammenstoßen, weil sich um diesen Punkt herum die Strahlen am häufigsten kreuzen.

fig. 40.

Dieses deutlich zu machen, sey L ein leuchtender Punkt, von welchem die Strahlen LK, LF, LH, LI, u. s. w. ausfahren, die von der krummen Linie nach dem Gesetze der Zurückstrahlung nach KO, FP, HQ, IR, u. s. w. zurückgeworfen werden. Es sey noch eine andere krumme Linie OPQR gezogen, von der Beschaffenheit, daß jeder der zurückgeworfenen Strahlen sie berühre, so wird sie der erstern

krummen

krummen Linie Brennlinie durch die Zurückstrahlung seyn. Jeden Punkt an ihr kann man als den Vereinigungspunkt zweener unendlich naher Strahlen ansehen. [a]) Eben solche Beschaffenheit hat es auch mit den Brennlinien, die durch die Brechung der Strahlen entstehen.

Von Tschirnhausen machete seine ersten Bemerkungen hierüber in den Schriften der französischen Akademie vom Jahre 1682 bekannt, wo er eine Abzeichnung von der Brennlinie des Kreises durch parallele einfallende Strahlen lieferte. [b]) Einige Eigenschaften dieser krummen Linie entdeckete **de la Hire**, und fand zugleich in Tschirnhausens Vortrage Fehler. Darüber entstand zwischen diesen beyden Herren ein Streit, und Tschirnhausen erkannte seinen Irrthum nicht eher, als bis Bernoulli ihn desselben überführte.

Andere Geometern erweiterten Tschirnhausens Theorie sogleich auf convergirende und divergirende, gebrochene und zurückgeworfene Strahlen. Am meisten thaten sich hierinnen die beyden berühmten Brüder, **Jakob** und **Johann Bernoulli**, hervor. [c])

Bouguer von dem zweyfachen Bilde einer Sache.

Herr **Bouguer**, der wegen seiner Stärke in der Geometrie nicht weniger berühmt ist, als wegen seiner Verdienste um die Optik, wovon unten geredet werden wird, bemerkete, daß von erhabenen und hohlen Oberflächen zu gleicher Zeit zwo **Brennlinien** gemachet werden, daraus denn zwo verschiedene Bilder des Gegenstandes, die man durch die Zurückstrahlung sieht, entstehen. Diese Bemerkung, saget er, ist desto wichtiger, da in gewissen Fällen beyde Bilder gleich deutlich sind.

fig. 41.

Einen Begriff von dieser doppelten Brennlinie zu geben, sey AIB die Oberfläche einer vollkommenen polirten Kugel. Alle die unendlich nahe an einander, in derselben Ebene durch den leuchtenden Punkt L und den Mittelpunkt der Kugel C, bey D und d auffallenden Strahlen werden so zurück geworfen, als kämen sie von G zwischen LC und D, her; aber diejenigen, welche den Strahlen LD, Ld zur Seite in einer andern Ebene AeB, als in e, auffallen, werden nicht ins Auge kommen, als wenn sie von G, sondern von einem andern Punkte E ausgiengen, wo die zurück geworfenen Strahlen die Achse der Kugel, welche durch den leuchtenden Punkt L geht, schneiden. Denn es ist ja der einfallende Strahl Le, nebst seinem zurück geworfenen en in einer andern Ebene, als worinnen LD und Ld, nebst ihren zurück geworfenen DM, dm sich befinden, und diese beyden Ebenen schneiden sich in CL. Man muß also wohl bemerken, daß es zwo unterschiedene Vereinigungspunkte der zurückgeworfenen Strahlen giebt, nachdem die einfallenden entweder auf Punkte über-

a) Zum Besten der Physiker, welche sich mit den krummen Linien nicht abgeben, erinnere ich, daß der Durchschnitt zwoer Berührungslinien an einer krummen Linie desto näher an die letztere fällt, je näher die Berührungspunkte an einander rücken. K.

b) Man sehe auch Acta Erud. 1682. p. 364. die Eigenschaft, welche daselbst fig. 2. der Brennlinie des Kreises von Tschirnhausen beygeleget wird, ist die, darinnen er sich geirret hat. Joh. Bernoulli hat den Fehler in den Lect. Hospitalianis lect. 27. gezeiget. T. hat seinen Irrthum in den Actis Erud. 1690. Febr. p. 71. erkannt. K.

c) Montucla, vol. 2. p. 346.

über- und unterhalb D oder zur Seite von D treffen. Der Punkt G ist in der Brennlinie des Kreises AIBA. Wäre die Oeffnung unsers Auges eine enge verticale Spalte, so würden wir bloß die Strahlen bekommen, welche sich in G vereinigen; und wäre es eine horizontale Spalte, so würde es bloß von den aus E herkommenden Strahlen gerührt werden. Weil aber die Oeffnung des Auges rund ist, so entstehen von beyden Punkten Bilder auf der Netzhaut. Sehen wir dem ungeachtet fast immer nur ein Bild in dem Spiegel, so muß die Ursache davon seyn, daß unsere Augen nicht geschickt sind, kleine Gegenstände in allen Entfernungen gleich deutlich zu sehen, und daß nur eins der Bilder G oder E in der gehörigen Entfernung vom Auge ist [d]).

Barrows Verdienste.

Der erste, der die Lehre von den Vereinigungspunkten sphärischer Linsengläser von jeder möglichen Figur vollständig abgehandelt hat, ist Dr. **Barrow**. Diese hatte man sonst, einige wenige Fälle ausgenommen, durch die Erfahrung bestimmet. Barrow bestimmte sie durch eine sehr nette Formel, die auffallenden Strahlen mögen gleichlaufend, auseinander- oder zusammenfahrende seyn. Er lösete auch manche andere optische Aufgaben durch Hülfe der Geometrie auf; die ich aber, weil sie keine neue Eigenschaft des Lichts und der Farben betreffen, meinem Plane gemäß, vorbeylasse [e]).

De la Hire über die Vervielfältigung der Bilder.

De la Hire beobachtete, daß ein heller Körper, der im Dunkeln durch ein ebenes und polirtes Glas betrachtet wird, oft vier- und mehrmals vervielfältigt erscheinet, und dieses mit desto mehrerer Deutlichkeit, je schiefer das Glas gegen das Auge gehalten wird. Diese Nebenbilder erscheinen bisweilen auf der einen, bisweilen auf der andern Seite des leuchtenden Körpers, und werden, je weiter von diesem, desto matter. Doch giebt es eine schiefe Lage des Glases, dabey der Gegenstand nicht vielfach scheint, und einige Gläser machen gar keine Vervielfältigung, sie mögen so sehr geneigt werden, als man will.

Sind die Seitenflächen des Glases vollkommen parallel, so, saget de la Hire, kann keine Vervielfältigung statt finden; denn jeder ausfahrende Strahl ist alsdenn seinem einfallenden parallel; und, woferne der Gegenstand soweit entfernet ist, daß man die auffallenden Strahlen für parallel annehmen kann, werden die Strahlen, sie mögen innerhalb des Glases noch so oft zurückgeworfen werden, parallel unter einander ausfahren. Die 42 fig. erkläret dieses von selbst. fig. 42.

Sind aber die Seitenflächen gegen einander geneigt, wie ED und BD, so wird der Strahl CR, der im Glase zweymal zurückprellet, nach PO dergestalt ausfahren, daß er mit der Glasfläche einen größern Winkel machet, als es der Strahl BO thut, der im Glase nicht zurückgeworfen ist; diese beyden Strahlen werden sich also irgendwo, in O, schneiden, und ein Auge, das in diesem Punkte sich befindet, wird zwey Bilder von dem Gegenstande C sehen, eins in dem Strahle BO, welches am lebhaftesten ist, und eins in dem Strahle PO, das schwächer ist, und rechter Hand des Hauptbildes liegt. Strahlen, die noch öfterer innerhalb des Glases zurück-

fig. 43.

d) Traité d' Optique, p. 100.

e) Montucla, vol. 2. p. 597.

zurück geworfen werden, machen Bilder, die sich noch weiter von dem erstern entfernen, und immer matter werden, weil bey jeder Zurückwerfung Licht verlohren geht. Die Bilder liegen desto weiter von einander, je schiefer das Glas gegen das Auge gehalten wird. In dem Falle, wenn der Winkel der Glasflächen nach der Seite des Objects O hinliegt, beweist de la Hire, daß die Nebenbilder auf der andern Seite des Hauptbildes erscheinen werden.

Diese Untersuchungen wendet er auch auf den Fall an, da man den leuchtenden Körper vermittelst zurückgeworfenen Lichts sieht, und zeiget, daß mehrere Bilder entstehen werden, wenn die beyden Flächen des Glases gegen einander geneiget sind, und daß auch hier die matten Bilder nach derjenigen Seite zu liegen werden, nach welcher die Flächen des Glases sich neigen.

Mittel den Parallelismus der Flächen eines ebenen Glases zu erforschen.

Auch leitet er hieraus ein Mittel her, weit genauer, als es mit den besten Tasterzirkeln möglich ist, zu erforschen, ob die Flächen eines Glases einander parallel seyn oder nicht. Man nimmt im Dunkeln eine Kerze, im Hellen einen schwarzen Faden, und wenn in allen Lagen des Glases und des Auges gegen einander das Bild immer einfach bleibt, so kann man versichert seyn, daß die Flächen genau parallel sind; dagegen, wenn zwey oder mehr Bilder erscheinen, die Flächen gegen einander geneiget seyn müssen, woferne nur der Gegenstand so weit entfernet ist, daß die Strahlen, welche das Auge bekömmt, als parallel auffallende angesehen werden können *f*).

Weg des Lichtes durch die Luft.

Dieser vortreffliche Geometer gab sich viele Mühe zu beweisen, daß der Weg eines Lichtstrahles durch den Dunstkreis, den er wegen der Brechung nimmt, eine Cykloide sey, wenn man voraussetzet, daß sich die Dichte der Luft wie das Gewicht, welches sie zusammendrücket, verhalte. Berühret der einfallende Strahl die Atmosphäre, so ist, seiner Meynung nach, der Durchmesser des die Cykloide erzeugenden Kreises die Höhe des Dunstkreises selbst; dieser Durchmesser wird immer größer, je weniger schief die Strahlen auffallen, und unendlich groß, wenn der Strahl senkrecht ist, das heißt, die Cykloide verwandelt sich in die gerade Linie; welches mit der bekannten Erfahrung übereinstimmet, daß der senkrechte Strahl keine Brechung leidet. Hierbey nimmt er zwar an, daß die Oberfläche der Atmosphäre eben sey; weil sie aber krumm ist, so verwandelt sich, saget er, die Cykloide in eine Epicykloide. Diese Veränderung hat aber keinen Einfluß auf die Haupteigenschaften dieser Linien *g*).

Hermann hat indessen gezeiget, daß de la Hire sich geirret hat, weil die gedachte krumme Linie des Lichtstrahls ins Unendliche, neben einer Asymptote hin, fortläuft *h*); und Dr. Brook Taylor, in seiner Methodus incrementorum hat auch bewiesen, daß diese Linie eine von den verwickeltsten und schwersten sey, die man nur aufgeben könne *i*).

Zusätze

f) Mem. de l' acad. de Paris. 1699 p. 107

g) Ibid. 1702. p. 71. und 254.

h) Acta Erud. 1706. p. 257.

i) Philos. trans. abr. vol. 6. p. 156.

Zusätze des Uebersetzers.

I.

Von den Brennlinien.

Die hieher gehörigen Aufsätze von Jacob Bernoulli sind, Lineae cycloidales, evolutae, ant-evolutae, causticae, anti-causticae, peri-causticae, earum usus, et simplex relatio ad se invicem, Acta Erud. 1692. Mai. p. 207. Opp. T. I. nr. 49. p. 491. und curvae dia-causticae, earum relatio ad Evolutas, etc. Acta Erud. 1693. Iun. p. 244. Opp. T. I. nr. 56. p. 549. und der mit der Aufschrift, invenire relationem inter evolutas et dia-causticas, Opp. T. II. p. 1077. In dem erstern betrachtet er vorzüglich die logarithmische Spirallinie, welche auf fünf verschiedene Arten sich selbst gleich und ähnlich hervorgebracht wird. Deswegen, saget er auch, möchte er sie sich zur Bildschrift auf sein Grabmahl wählen, mit der Legende, Eadem numero mutata resurget — Die Linien, welche der zweyte und dritte Aufsatz betrachtet, sind die Brennlinien, welche durch die Brechung entstehen.

Eine weitläuftige algebraische Rechnung über die Brennlinien von Johann Bernoulli findet man in den Act. Erud. 1692. Ian. p. 30. Opp. T. I. p. 52. Sie ist überschrieben: Solutio curvae causticae, per vulgarem Geometriam Cartesianam. Mit Hülfe der Differentialbrechung untersuchet er sie bequemer in den 1691 und 1692 geschriebenen Lection. Hospitalianis, die catacausticas, lect. 26. — 32. die diacausticas, lect. 56 — 59. Opp. T. III. Sie sind, so wie diese Vorlesungen überhaupt, denjenigen, welche die nicht so gar schweren Gründe der Differentialrechnung besitzen, sehr zu empfehlen. Wegen der harmonischen Eigenschaften der Brennlinien, der Evoluten und der Cykloiden, gehören die Untersuchungen über die Brennlinien unter die angenehmsten der höhern Geometrie. Der Geometer kann des Vergnügens an ihrer Beschauung nicht satt werden, unterdessen, daß der theoretische Physiker, dem er sie weggenommen hat, bey der Erforschung der Natur des Lichts voll Unmuth wird, daß die Natur ihn nicht in ihre Geheimnisse so tief dringen lassen will, als er es gerne wollte.

Lehrreich sind die Untersuchungen, welche Hr Kästner in dem Lehrbegriffe der Optik, S. 217 — 234 hierüber anstellet — Montucla rühmet auch eine Abhandlung von Carré in den Pariser Memoires 1703 als vollständig und nett geschrieben.

II.

Anmerkung über das zweyfache Bild, durch eine krumme Oberfläche gemachet.

Diese Untersuchung hat Newton in seinen optischen Vorlesungen für sehr schwer, wo nicht für eine gar nicht auszumachende, erkläret. Es ist also wohl von mir eine Verwegenheit, daß ich etwas zu deren Entscheidung beybringen will, wie ich denn auch, so oft ich diese Sache vorgenommen, meine vorigen Gedanken wieder verworfen habe. Etwas habe ich darüber gelegentlich in einer Abhandlung in dem zweyten Theile der deutschen Schriften der Göttingischen Gesellschaft der Wissenschaften angeführet, das vielleicht noch nicht hinreichend ist. Jetzt ist folgendes das, was mir am meisten Genüge thut.

So lange als man nur zween Strahlen betrachtet, die ins Auge kommen, ist es unmöglich zu entscheiden, ob das Bild des Punktes L (fig. 41) in G oder in E liege. Aber man suche den Punkt, um welchen die Durchschnitte aller Strahlen, die auf den Stern des Auges treffen, nahe bey einander sind, als welcher unstreitig den Ort des Bildes enthalten wird. Diejenigen dieser Strahlen, welche in derselben Ebene der Zurückwerfung liegen, kommen in einem kleinen Flächenraume, um einen Punkt, wie G, nahe zusammen; und da in jeder der Zurückstrahlungsebenen durchs Auge, ein solcher kleiner Vereinigungsraum ist, so entsteht dadurch ein körperlicher Raum, in welchem die Durchschnitte aller ins Auge fallender Strahlen beysammen sind. Der Mittelpunkt dieses Raums ist wohl in der Zurückwerfungsebene durch den Mittelpunkt des Sterns, und zwar in einem Punkte, wie G, zu suchen. Ist dieser körperliche Vereinigungsraum so klein, daß sein Durchmesser dem Auge unempfindlich ist, so sieht das Auge deutlich. Es ist alsdenn so gut, als wenn alle Strahlen von einem Punkte wie G in der Ebene durch den Mittelpunkt des Sterns kommen. Dieser enthält daher unstreitig das Bild des Gegenstandes. Der Punkt E enthält nur die Durchschnitte der Strahlen, die in einer gewissen und derselben Entfernung AD von A auffallen.

Wenn die Punkte, wie G, in den Zurückwerfungsebenen durch beyde Augen, unmerklich wenig von einander liegen, so sehen beyde Augen gewiß nur ein Bild. Ist dieses nicht, so scheint es, daß jedes Auge ein besonders Bild, wie G, sehen müßte. Allein vermuthlich sieht man in einem solchen Falle nur mit einem Auge, wenn man nicht gar in jedem etwas ungewöhnlichen Falle, wie bey der Betrachtung eines Bildes durch einen krummen Spiegel, nur ein Auge brauchet.

Auf eben diese Art könnte man auch eine ähnliche Schwierigkeit wegen des zweyfachen Bildes bey gebrochenen Strahlen erklären.

III.

Einige dioptrische Formeln.

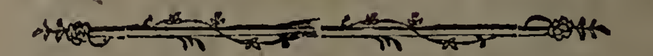
In eine Geschichte der Optik gehören, meiner Meynung nach, auch die wichtigsten dioptrischen Formeln, ohne welche man, ich will nicht sagen, die Einrichtung der optischen Werkzeuge, sondern nur manche physikalische Untersuchungen, nicht verstehen kann. Ich führe deswegen ein paar solcher Formeln, die in dieser Periode gefunden sind, hier historisch an.

Es sey das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas, $1 : m$; das Linsenglas auf beyden Seiten erhaben, und der Halbmesser der Vorderfläche r, der Hinterfläche ϱ; die Brennweite oder die Entfernung des Vereinigungspunktes paralleler Strahlen, f, so ist $f = \frac{m r \varrho}{(1 - m)\ (r + \varrho)}$. Die Entfernung eines leuchtenden Punktes in der Axe vom Glase sey a; die Entfernung des Vereinigungspunktes der von ihm auf das Glas fallenden Strahlen hinter dem Glase F, so ist $F = \frac{a f}{a - f}$. Wenn eine der Flächen des Glases hohl ist, so wird ihr Halbmesser negativ; und wenn die Strahlen nach einem Punkte hinter dem Glase zufahren, so ist die Entfernung desselben durch ein negatives a zu bezeichnen, so wie auch, wenn einer der beyden Ausdrücke negativ ist, eine entgegengesetzte Lage der Weiten f, F, bedeutet wird.

Der Halbmesser des Gegenstandes, den man als einen senkrechten auf die Axe des Glases durch seinen Mittelpunkt stehenden Kreis betrachten kann, sey z, so ist des Bildes Halbmesser $= \frac{F}{a} z$. Wenn man dieses Bild wieder wie einen Gegenstand für ein zweytes Glas betrachtet, und so immer fortfährt, so kann man den Ort und die Größe des letzten Bildes leicht bestimmen. Verfolget man den Weg des Hauptstrahls, der von einem der äußersten Punkte des Gegenstandes herkömmt, das ist, der durch die Mitte des ersten Glases geht, so hat man den Ort des Auges hinter dem letzten Glase; und, wenn man berechnet, wie sehr dieser Hauptstrahl gegen die Axe geneiget seyn dürfe, ohne auf einem Glase einen Bogen über 30 Grade aufs allerhöchste abzuschneiden, so hat man die Größe des Gesichtsfeldes. Berechnet man den Winkel dieses Hauptstrahls mit der Axe in dem Orte des Auges, so hat man den Winkel, unter welchem der Halbmesser des Gegenstandes durch die Gläser erscheint: und aus der Vergleichung dieses Winkels mit dem, unter welchem er dem bloßen Auge sich darstellet, wenn es ein entfernter

Gegenstand ist, oder mit dem, unter welchem er in einer gewissen Weite, als etwa 8 Zoll erscheint, bey Mikroskopen, erhält man die Vergrößerung des Gegenstandes durch das Werkzeug. Die Helligkeit verhält sich, bey sonst gleichen Umständen, directe wie die Oeffnung des Objectivglases, und verkehrt wie die Größe des letzten Bildes.

Die Thorie der optischen Fernröhre würde sehr leicht seyn, wenn zu diesen Stücken nicht die schlimme Berechnung der Abweichungen wegen der Gestalt des Glases und wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen käme. Die daher entstehende Undeutlichkeit so viel als möglich zu heben, ist das, woran man jetzt so sehr künstelt, ohne doch bisher der Praxis sichere und leicht zu befolgende Regeln gegeben zu haben.



Fünfte

Fünfte Periode

Sir Isaak Newtons Entdeckungen.

Unter allen Entdeckungen in der Lehre vom Lichte und von Farben sind keine bey weitem nicht so glänzend, als diejenigen, dadurch Sir Isaak Newton der ganzen Optik eine neue Gestalt gab. Diese sind vielleicht selbst unter allen seinen eigenen Erfindungen in dem ganzen Umfange der Naturlehre die herrlichsten, da selbst seine Principia nicht mit mehr Bewunderung und Beyfall gelesen sind, als seine Optik. Freylich vermehrete den Glanz dieser Entdeckungen selbst der Gegenstand. Denn was kann die Aufmerksamkeit der Menschen mehr reizen, als das Licht, oder die Eigenschaften desjenigen Mittels, das uns die ganze Schönheit und Herrlichkeit der Schöpfung entfaltet? Nach Platons Meynung ist, in die Geheimnisse des Lichts dringen zu wollen, so viel als die Vorrechte der Gottheit antasten.

Was uns auf diese Entdeckungen noch aufmerksamer machen muß, ist, daß sie von einem Manne, dem man wegen seiner tiefen Einsicht und mancherley Verbesserungen in so vielen Theilen der Mathematik und Physik den ersten Rang allgemein zugesteht, gemachet worden; und zwar in den frühern Jahren seines Lebens, da sein Scharfsinn am durchdringendsten, und jeder seiner Geisteskräfte ihrer größten Anstrengung fähig war. Ich befürchte keinen Widerspruch von irgend einem, der mit der Geschichte der Physik bekannt ist, wenn ich hinzufüge, daß sich kein Beyspiel einer physikalischen Untersuchung finde, dabey man mit größerer Vorsicht sich betragen, oder die Mathematik vortheilhafter und geschickter genutzet hätte.

So glücklich war der Erfolg der Newtonischen Untersuchungen, und die Resultate derselben so außerordentlich und wundervoll, daß dem Erfinder selbst die wichtigste seiner optischen Entdeckungen noch sehr sonderbar vorkam, und zwar sieben oder acht Jahre, nachdem er sie gemachet hatte, um die Zeit, da er der Königl. Gesellschaft die erste Nachricht davon ertheilete. Man sieht dies aus einer Stelle eines Briefes von **Newton** an den Secretair der Gesellschaft, **Oldenburg**, vom 18 Jan. 1672, die ich, weil ich vermuthlich dem Leser damit einen Gefallen thun werde, hier wörtlich einrücke.

Newton machet seine Entdeckungen von den Farben bekannt.

„Ich bitte Sie, in Ihrem nächsten Briefe, mich zu benachrichtigen, wie lange die wöchentlichen Zusammenkünfte der Gesellschaft dauern werden. Denn wenn „sie dieselben noch einige Zeit fortsetzen wird, so bin ich willens, ihr eine Nachricht „von einer physikalischen Entdeckung, die mich zu der Verfertigung des besagten „Teleskops veranlasset hat, zur Untersuchung und Beurtheilung vorzulegen. Ich „zweifle nicht, daß diese Entdeckung der Gesellschaft weit angenehmer, als selbst jenes „Instrument seyn werde, weil sie, meiner Meynung nach, die sonderbarste, wo nicht

„nicht wichtigste Entdeckung ist, die man bisher von den Wirkungen der Natur „gemachet hat [a]).

Wollte man dieses auch einem so großen Manne zur Eitelkeit auslegen, so ist es doch die Sprache der Natur, und gewiß sehr zu entschuldigen. Wie oft sieht man Leute wegen sehr geringfügiger Entdeckungen sich ein Ansehen von größter Wichtigkeit geben, und wie gerne erträgt man solchen Stolz, wenn dabey der Wahrheit und den Wissenschaften nur der geringste Vortheil zuwächst.

Vor Newtons Zeiten findet man gar keine erträgliche Hypothese von der Natur der Farben, keine, die unter den Naturkündigern nur etwas in Gang gekommen wäre. Selbst die Widersacher des Newtonianischen Systems wußten kein anderes entgegen zu setzen, das ihnen selbst nur leidlich gefallen hätte. Alles war bis dahin flüchtige Muthmaaßungen gewesen, die keinen Schatten von Wahrscheinlichkeit, nicht den geringsten Grund in der Erfahrung, gehabt hatten. Wie angenehm ist es also, daß wir endlich an die Entdeckung einer Theorie des Lichts und der Farben kommen, die bey ihrer innern Schönheit so viel unerwartetes enthält, und sich auf die kläresten und entscheidendsten Erfahrungen gründet. Diese Theorie mit ihren Gründen will ich nun dem Leser vorzutragen mich anschicken; und dabey den Anfang mit des Erfinders eigener Nachricht, wie er sie zuerst der Gesellschaft mitgetheilet hat, machen; weil man auf solche Art den natürlichen Fortgang seiner Ideen, während des Verfolges seiner Untersuchung, gewissermaßen wird übersehen können.

Erster Abschnitt.

Von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen.

Newtons erster Versuch mit dem Prisma.

In dem Jahre 1666, da Newton sich mit Schleifung optischer Gläser beschäfftigte, schaffete er sich ein gläsernes dreyeckigtes Prisma an, um die berühmten Erscheinungen der Farben näher zu untersuchen. Er lies zu dem Ende in ein verfinstertes Zimmer, durch ein kleines Loch in dem Fensterladen, einen Sonnenstrahl fallen, und stellete sein Prisma vor dieser Oeffnung so, daß der Strahl nach der gegenüber stehenden Wand hingebrochen wurde. Die lebhaften und brennenden Farben, welche das Prisma unter diesen Umständen hervorbrachte, belustigten zuerst unsern Naturforscher nicht wenig; allein da er das Bild genauer betrachtete, so wunderte er sich weit mehr über die längliche Gestalt desselben, die nach den angenommenen Gesetzen der Brechung kreisrund hätte seyn müssen. Denn weil Grimaldis Buch erst in demselben Jahre herausgekommen war, so war ihm unbekannt, daß dieselbe Beobachtung schon vor ihm gemachet worden wäre. Die Seitenlinien dieses länglichten Bildes waren gerade, allein an den Enden verlohr das Licht sich so allmählig, daß er die Figur derselben nicht recht wohl bestimmen konnte, wie wohl sie ihm doch ein Halbkreis zu seyn schien.

Die

a) Birch's history. vol. 3 p. 5.

Die Länge dieses farbichten Bildes fand er etwa fünfmal größer als die Breite, und diese große Ungleichheit machete ihn außerordentlich neugierig, die Ursache davon zu entdecken. Es kam ihm nicht glaublich vor, daß ein Unterschied in der Dicke oder der Beschaffenheit des Glases, oder die Nachbarschaft des Schattens und der Dunkelheit auf das Licht einen solchen Einfluß haben könnte, daß dadurch eine solche Wirkung entstünde. Ohne inzwischen hierüber aus der Theorie etwas festzusetzen, machete er sich an die Untersuchung der hierbey vorkommenden Umstände; und beobachtete insbesondere, was sich ereignete, wenn das Licht durch Theile des Glases von verschiedener Dicke gieng; oder wenn die Oeffnung in dem Fensterladen eine andere Größe bekam; oder wenn das Prisma außerhalb des Ladens gestellet ward.

Seine Bemühungen, die Ursachen der prismatischen Farben zu entdecken.

Darauf vermuthete er, es möchten die Farben vielleicht von einer Zerstreuung der Lichtstrahlen durch Ungleichheiten im Glase oder andere zufällige unregelmäßige Umstände herrühren. Zur Probe nahm er ein zweytes, dem ersten gleiches Prisma, und stellete es so, daß das Licht bey seinem Durchgange durch beyde, nach entgegengesetzten Seiten gebrochen, und also von dem zweyten wieder in den Weg gebracht wurde, von welchem es in dem ersten war abgelenket worden. Nun, dachte er, würden die regelmäßigen Wirkungen beyder Prismen sich einander aufheben; die unregelmäßigen aber durch die Vermehrung der Brechungen noch vergrößert werden. Der Erfolg war, daß das Licht, welches durch das erste Prisma in ein länglicht Bild ausgebreitet worden war, durch das zweyte wieder in ein kreisrundes so ordentlich wieder zusammengebracht wurde, als wenn es gar keine Brechung erlitten hätte.

fig. 44.

Damit man sich diesen Versuch deutlicher vorstellen möge, sey EG der Fensterladen, F die kleine Oeffnung in demselben, ABC, das Prisma, welches das Licht nach PT hinbricht, daß daselbst ein länglichtes Bild entsteht [b]). Kömmt das zweyte Prisma abg hinzu, so wird das Licht nach Q hingebrochen, und das Bild daselbst ist rund. Uebrigens gab Newton bey diesem Versuche wohl Acht, daß die Seite ag mit BC, und bg mit AC, genau parallel waren, damit die Brechungen der Strahlen in beyden Prismen zwar entgegengesetzet, aber doch gleich groß seyn möchten. Auch bemerkete er, daß die Prismen sehr nahe bey einander gestellet werden müßten; denn sobald sie soweit von einander entfernet waren, daß sich an dem Lichte, ehe es das zweyte Prisma erreichete, Farben zeigeten, so wurden diese Farben durch dasselbe nicht vernichtet.

fig. 45.

Darauf gieng er an die genauere Untersuchung des Umstandes, daß die Strahlen von verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe verschiedene Neigung gegen das Prisma

b) Die kenntlichsten Farben dieses Bildes folgten vom untersten Ende T bis zum Obersten P in dieser Ordnung, **Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violet,** mit allen ihren dazwischen fallenden Schattirungen auf einander, die Strahlen, welche nach dem rothen Ende zuliefen, wurden am wenigsten, die nach dem violetnen Ende, am meisten gebrochen. **K.**

Prisma haben, und maaß zu dem Ende alle bey dem Versuche vorkommenden Linien und Winkel. Die Entfernung des Bildes von dem Laden oder dem Prisma war 22 Fuß, die größte Länge $13\frac{1}{4}$ Zoll, die Breite $2\frac{5}{8}$, und der Durchmesser der Oeffnung $\frac{1}{4}$ Zoll. Der Winkel, welchen die Strahlen, die nach der Mitte des Bildes zuliefen, mit den Linien machten, nach welchen sie ohne Brechung gegangen seyn würden, war 44° 56′, und der brechende Winkel des Prisma C war 63° 12′. Die auffallenden und ausfahrenden Strahlen waren, so genau er es erhalten konnte, gegen die Seitenflächen des Prisma gleich viel geneiget, und die letztern fielen senkrecht auf die Wand. Nach Abzug des Durchmessers der Oeffnung blieb das Bild, welches zwischen den Strahlen durch den Mittelpunkt dieser Oeffnung begriffen war, 13 Zoll lang, und $2\frac{3}{8}$ Zoll breit, daß demnach die Breite an der Oeffnung einen Winkel von etwa 31 Min. so viel als den Durchmesser der Sonne; hingegen die Länge einen mehr als fünfmal größern Winkel, nemlich 2° 49′ fassete.

Aus diesen Beobachtungen berechnete er zuerst die brechende Kraft seines gläsernen Prisma, und fand das Verhältniß des Einfalls- und Brechungssinus, wie 31 zu 20; berechnete hieraus die Brechungen zweener Strahlen, die von entgegengesetzten Punkten des Sonnenrandes kamen, so daß ihre Neigungswinkel um 31 Min. unterschieden waren, und fand, daß die ausfahrenden Strahlen ohngefähr denselben Winkel mit einander hätten machen sollen.

Weil aber diese Berechnung auf dem unveränderlich angenommenen Verhältnisse der Einfalls- und Brechungssinus sich gründete (wiewohl er sich, seinen eigenen Erfahrungen gemäß, den Fehler dabey nicht so groß vorstellen konnte, daß ein Winkel von 31 Min. statt eines von 2° 49′ herauskäme), so nahm er sein Prisma nochmal zur Hand; brachte es in die vorige Stellung, und bemerkete, daß wenn er es ein wenig um seine Axe drehete, so daß die Neigung der Seitenfläche gegen das Licht nicht über 4 bis 5 Gr. sich änderte, das farbichte Bild an der Wand von seiner Stelle nicht merklich wegrückte, und folglich die Brechung ohngefähr gleich groß blieb. Durch diesen Versuch sowohl als durch die vorige Rechnung sah er augenscheinlich ein, daß der Unterschied in der Neigung der auffallenden Strahlen, welche von verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe herkommen, keine Ursache seyn könnte, warum die ausfahrenden Strahlen statt eines Winkels von etwa 31 bis 32 Min. einen von 2° 49′ mit einander macheten.

Nun kam er auf den Gedanken, daß die Strahlen, nach dem Durchgange durchs Prisma, vielleicht krumme Linien beschreiben, und nach dem verschiedenen Maaße der Krümmung ihres Weges, nach verschiedenen Punkten der Wand zugehen möchten. Hierinn ward er dadurch bestärket, daß er sich erinnerte, beym Ballspiele den Ball, nach einem schiefen Schlage, eine solche krumme Linie beschrieben gesehen zu haben. Denn indem der Ball durch einen solchen Schlag sowohl eine drehende als fortgehende Bewegung bekömmt, so, saget er, werden seine Theile an derjenigen Seite, wo beyde Bewegungen zusammentreffen, die daran stoßende Luft stärker drücken und schlagen, als an der andern, und werden dadurch eine stärkere

Zurück-

Zurückwirkung der Luft verursachen [c]. Er schloß also, wenn die Lichtstrahlen aus Kügelchen bestünden, und diese bey dem schiefen Durchgange aus einem Mittel in ein anderes eine drehende Bewegung bekämen, so müßten sie von dem sie umgebenden Aether an derjenigen Seite, wo die Bewegungen zusammenträfen, einen größern Widerstand leiden, und immerhin nach der andern Seite gelenket werden. So scheinbar dieser Grund auch seyn mochte, so konnte er doch, bey näherer Untersuchung keine solche Krümmung entdecken; vielmehr bemerkete er, und dies war schon genug, daß der Unterschied zwischen der Länge des Bildes und dem Durchmesser der Oeffnung im Laden, der Entfernung beyder von einander proportional war.

Hauptversuch, der die Wahrheit entdecket.

Indem er also diesen Vermuthungen allmählig entsagete, kam er zuletzt auf den Versuch, den er mit Recht das experimentum crucis nennt, durch welchen die große Entdeckung vollendet wurde. Er nahm zwey Bretter, und stellete das eine gleich hinter das Prisma am Fenster, so daß das Licht durch ein Loch in diesem Brette gehen, und auf das zweyte, etwa 12 Fuß von dem erstern entfernten Brett fallen mußte, welches ebenfalls ein Loch hatte, einen Theil des auffallenden Lichts durchzulassen. Hinter dieses Brett stellete er ein zweytes Prisma, welches das durch beyde Bretter durchgelassene Licht zum zweytenmale brach, ehe es die Wand erreichen konnte. Darauf nahm er das erste Prisma, drehete es um seine Axe, so daß jeder Theil des auf dem zweyten Brette entworfenen Bildes, einer nach dem andern auf das Loch fiel; um zu sehen, nach welchen Stellen an der Wand die zu diesen Theilen gehörigen Strahlen hingebrochen würden. Aus der Veränderung dieser Stellen sah er, daß die Strahlen, die nach demjenigen Ende des Bildes hinliefen, nach welchem die Brechung durch das erste Prisma hingeschah, in dem zweyten Prisma eine beträchtlich stärkere Brechung litten, als die, welche nach dem andern Ende zuliefen. Also ergab sich, daß die wahre Ursache der Länge des Bildes keine andere ist, als daß die Lichstrahlen nicht von gleicher Beschaffenheit, sondern einige mehr als die andern brechbar sind; so daß bey gleichem Einfallswinkel auf dasselbe Mittel einige stärker als andere werden gebrochen werden. Darum werden sie auch, nach Maaßgabe ihrer verschiedenen Brechbarkeit durch das Prisma nach verschiedenen Stellen der Wand hingebrochen [d].

Daß die Strahlen ungleichartig sind.

Zur Erläuterung dieses Hauptversuches sey SF ein Sonnenstrahl, der durch das Loch F in dem Laden geht, und von dem Prisma ABC aufgefangen wird. Gleich hinter dem Prisma ist das Brett DE befindlich, darinnen das Loch G, welches einige von dem durch das Prisma zertheileten Strahlen durchgehen läßt. Ferner ist de das andere Brett in einer beträchtlichen Entfernung von dem erstern, mit einem Loche in g, darauf ein Theil des von dem erstern Brette durchgelassenen Lichts fällt. Hinter diesem Brette befindet sich das zweyte Prisma abc, welches die verschiedenen

fig. 46.

c) Hierinn scheint sich doch Newton geirrt zu haben.

d) Philos. trans. abr. vol. 1. p. 128 (Newtoni Opt. L. 1. P. 1. pr. 2. exp. 6. p. 35. nach der latein. Londner Ausgabe von 1706. 4. die ich hier und im folgenden citirt habe. K.

schiedenen Lichtstrahlen, die darauf an derselben Stelle, genau unter einerley Winkeln fallen, einige nach höhern, andere nach niedrigern Stellen an der Wand MN hinbricht.

Newtons Vorsichtigkeit bey diesen Versuchen.

Damit man sich von der äußersten Vorsichtigkeit unsers Naturforschers sowohl bey der Stellung der Prismen, als auch bey den andern Umständen der vorigen und noch folgenden Versuche einen Begriff machen möge, so will ich einiges darüber, wie er es selbst in seiner Optik beschreibt, zum Beyspiel anführen. Die Axe seiner Prismen war immer senkrecht auf die einfallenden Strahlen. Um diese Axe drehete er das Prisma langsam herum, so daß das farbichte Bild der Sonne an der Wand erst sich senkte, und darauf wieder erhob. Zwischen diesen beyden entgegengesetzten Bewegungen, da das Bild wie unbeweglich blieb, befestigte er das Prisma, daß es sich nicht weiter drehen durfte. In dieser Lage sind nämlich die Brechungen des Lichts auf beyden Seiten gleich. Alsdenn ließ er das gebrochene Licht senkrecht auf einen Bogen weißes Papier an der gegen über stehenden Wand des Zimmers fallen. Ward das Prisma um seine Axe ein wenig dergestalt gedrehet, daß die ausfahrenden Strahlen gegen die Seitenfläche des Prisma mehr geneiget waren, so ward das Bild sehr bald einen bis zween Zoll länger; ward es aber gegenseitig gedrehet, daß die auffallenden Strahlen gegen die erste brechende Fläche mehr geneiget wurden, so ward das Bild bald einen bis zween Zolle kürzer.

Das erste von ihm gebrauchete Prisma hatte einige von einem Ende zum andern hinlaufende Adern, welche etwas Licht unordentlich verstreueten, ohne doch die Länge des Bildes merklich zu vergrößern. Denn der Erfolg war derselbe, da er eben den Versuch mit andern Prismen, und besonders mit einem, das ganz frey von adrichten Streifen schien, machete. Durch dieses Prisma, dessen brechender Winkel $62\frac{1}{2}$ Grad war, ward das Bild $9\frac{3}{4}$ bis 10 Zoll, in der Entfernung von $18\frac{1}{2}$ Fuß von dem Prisma lang. Das Loch in dem Fensterladen war $\frac{1}{4}$ Zoll breit, wie vorher. Weil bey der Stellung des Prisma leicht ein Fehler vorgehen konnte, so wiederholte er denselben Versuch vier- bis fünfmal, und fand das Bild immer gleich lang.

Durch ein anderes Prisma von hellerm Glase, das besser polirt war, und von Adern frey zu seyn schien, war, bey einem brechenden Winkel von $63\frac{1}{2}$ Grad, in der obigen Entfernung, das Bild ungefähr 10 bis $20\frac{1}{2}$ Zoll lang. Ueber diese Gränze etwa $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Zoll an beyden Enden des Bildes, schien das von den Wolken herkommende Licht roth und violet gefärbet zu seyn, wiewohl so matt, daß er muthmaaßete, es möchte dieses gefärbete Licht wohl von einigen unordentlich zerstreueten Strahlen des Bildes herkommen, und deswegen rechnete er es nicht mit zum Bilde.

Weder die verschiedene Weite der Oeffnung in dem Festerladen, noch die verschiedene Dicke des Prisma an den Stellen, wo das Licht durchgieng, noch die verschiedene Neigung des Prisma gegen die Horizontfläche hatten einen merklichen Einfluß auf die Länge des Bildes. Dieses blieb noch in die Länge gedehnet, wenn das Prisma aus einer andern Materie bestand. Denn mit einem holen gläsernen und mit

Wasser gefüllten Prisma blieb der Erfolg in Verhältniß der Brechung einerley [e]).

So entscheidend auch die angeführten Versuche für die berühmte Hypothese von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen sind, so wird es doch dem Leser ohne Zweifel angenehm seyn, noch einige der vornehmsten in der Folge angestelleten Versuche kennen zu lernen, die unser Verfasser in seiner Optik, zur fernern Bestätigung seiner Theorie bekannt machete.

Umgekehrter Versuch.

In den Sonnenstrahl, der durch ein Loch im Fensterladen ins Zimmer fiel, hielt er, einige Fuß von dem Loche, mit derselben Vorsicht, wie vorher das Prisma, und sahe dadurch nach dem Loche hin, worauf er es viel länger als breit zu seyn befand. Der am meisten gebrochene Theil des Bildes war violet, der am wenigsten gebrochene roth, die mittlern Theile grün, blau, gelb, in der genannten Ordnung. Eben so erschien das Bild, wenn er das Prisma außerhalb des Sonnenstrahls hielt, und das Loch vermittelst des von den Wolken herkommenden Lichts betrachtete [f]).

Versuche mit zwey Prismen.

Wenn das Bild der Sonne, schloß er, durch eine Ausbreitung eines jeden Strahls, oder durch eine andere zufällige Ungleichheit der Brechungen, so sehr in die Länge gedehnet werden sollte, so müßte es durch eine seitwärts veranstaltete Brechung eben so sehr in die Breite ausgedehnet werden. Er stellete also ein zweytes Prisma gleich hinter das erstere aufrecht, so daß es das Licht, welches von dem ersten Prisma aufwärts gebrochen wurde, seitwärts lenkete. Allein dem ohngeachtet ward die Breite des Bildes durch die zweyte Brechung nicht geändert, sondern der obere Theil, der durch das erste Prisma am stärksten gebrochen, und violet und blau gefärbet war, ward durch das zweyte Prisma wiederum am meisten zur Seite hingebrochen, und der untere Theil, der roth und gelb war, weniger. Es sey S die Sonne, F das Loch im Fensterladen, ABC das erste Prisma, DH das zweyte, Y das runde Bild der Sonne ohne die Brechung durch die Prismen, PT das längliche Bild durch das erste Prisma allein, so ist pt das Bild durch die Querbrechung beyder zugleich [g]).

Fig. 47.

Und mehrern hinter einander.

Bisweilen stellete er noch ein drittes Prisma hinter das zweyte, und dahinter noch wohl ein viertes, durch welche alle das Bild mehrmals seitwärts gebrochen ward. Allein die Strahlen, welche durch das erste Prisma am stärksten gebrochen wurden, litten auch in den andern die stärkste Brechung, ohne daß die Breite des Bildes vergrößert ward. Diese Strahlen nennt er daher, weil sie auf eine unveränderliche Weise immmer am stärksten gebrochen werden, die am meisten brechbaren.

Den Beweis aus diesem Versuche noch einleuchtender zu machen, saget unser Verfasser, muß man bemerken, daß alle Strahlen von einerley Brechbarkeit ein kreisrundes Bild, der Sonnenscheibe gemäß, machen werden. Es sey demnach AG das kreisrunde Bild, welches von den am meisten brechbaren Strahlen, die von

Fig. 48.

e) Newtoni Optices, L. I. P. I. pr. 2. p. 22.

f) Ibid. p. 26.

g) Ibid. p. 27.

jedem Punkte der Sonne herkommen, auf der gegen über liegenden Wand entstehen würde, wenn sie nur allein vorhanden wären. Gleichfalls sey EL das Bild, welches solchergestalt von den am wenigsten brechbaren Strahlen würde entworfen werden, und BH, oder CI, oder DK, seyn die Bilder, welche von den Strahlen einer Mittelgattung, nach Ausschließung aller übrigen, gemachet werden würden. Außer diesen stelle man sich noch unzählig viele mittlere Kreise vor, welche von unzählig vielen Mittelgattungen von Strahlen entstehen würden, wenn sie von der Sonne eine nach der andern besonders herkämen. Da aber die Sonne alle diese Gattungen von Strahlen zugleich hersendet, so werden sie alle vereinet eine unendliche Menge von kreisrunden Bildern entwerfen, die sich nach den verschiedenen Graden der Brechbarkeit neben einander ordnen, und zusammen das oben beschriebene länglichte Bild der Sonne ausmachen.

Würde nun das runde Sonnenbild Y, das von den ungebrochenen Strahlen gemachet wird, durch irgend eine Ausdehnung der Strahlen, oder sonst durch eine unregelmäßige Brechung in dem ersten Prisma, in das länglichte Bild PT verwandelt, so müßte jeder Kreis dieses Bildes durch das zweyte Prisma gleichmäßig eine ähnliche länglichte Figur bekommen, welches der Erfahrung zuwider ist. Jeder Kreis des Bildes PT wird durch das zweyte Prisma unverändert nach dem Bilde pt, einer mehr, der andere weniger, nach der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen hingebrochen.

Wenn in die Oeffnung des Ladens ein Linsenglas gestellet ward, so fiel der Halbschatten, der sonst um das Bild Y, und an den Seiten der Bilder PT, pt zu sehen war, weg.

Er stellete bey diesem Versuche auch das zweyte Prisma nicht gleich hinter das erste, sondern etwa in die Mitte zwischen dasselbe und die Wand. Der Erfolg war wie vorher, daß das Bild von dem zweyten Prisma gegen das erste geneiget war, und daß die blauen Enden sich weiter von einander entferneten, als die rothen; folglich litten die Strahlen, welche in dem ersten Prisma am stärksten gebrochen waren, auch durch das zweyte die stärkste Brechung [h]).

Versuche mit Prismen neben einander.

Er machete in den Laden zwo Oeffnungen nahe über einander, stellete vor jeder ein Prisma, welche auf der gegenüberstehenden Wand zwey länglichte farbichte Bilder der Sonne entwerfen mußten. Nahe vor der Wand stellete er einen langen schmalen Streifen Papier, mit geraden und parallelen Seitenlinien, und veranstaltete, daß die rothe Farbe des einen Bildes auf eine Hälfte des Papiers, nnd die violetne Farbe des andern Bildes auf die andere Hälfte fallen mußte. Die hinterliegende Wand bedeckete er mit einem schwarzen Tuche, daß kein Licht von ihr zurückprellen sollte; und betrachtete darauf das Papier durch ein drittes Prisma, das er damit parallel hielt. Die Hälfte desselben, welche das violetne Licht auffieng, schien nunmehr von der andern Hälfte, wegen der größern Brechung getrennet zu seyn, besonders, wenn er sich ziemlich weit von dem Papiere entfernete. Er ließ auch die beyden Bilder, mit umgekehrter Ordnung der Farben, auf einander fallen, so daß das

h) Newtoni Optices, L. I. P. 1. pr. 2. p.33.

das rothe Ende des einen auf das violetne des andern kam. Betrachtete er sie nun mit einem Prisma, das er der Länge nach mit ihnen parallel hielt, so sonderten sie sich von einander ab, und kreuzeten sich in der Mitte [i]).

Versuch über die Zurückwerfung durchs Prisma. fig. 42.

Er stellete ein Prisma A B C, das einen rechten Winkel A und zween gleiche, B, C, von 45 Gr. hatte, in den Sonnenstrahl in einem verfinsterten Zimmer; und drehete es langsam, nach der Ordnung der Buchstaben ABC, herum, bis das Licht, welches vorher durch die Grundfläche B C, herausgefahren war, von derselben zurückgeworfen wurde. Hierbey bemerkete er, daß die Strahlen, welche die stärkste Brechung gelitten hatten, am ersten zurückgeworfen wurden. Also, dachte er, müßten unter den zurückgeworfenen Strahlen diejenigen, welche am meisten brechbar wären, nachdem sie alle zurückgeworfen worden, zu allererst in größerer Menge als die übrigen Gattungen von Strahlen enthalten seyn, bis daß, nachdem auch diese insgesammt zurückgeworfen worden, ihre Menge jener gleich würde. Dieses zu versuchen, ließ er das zurückgeworfene Licht durch ein anderes Prisma N gehen, und nach der Brechung durch dasselbe auf ein weißes Papier p t in einiger Entfernung von N fallen, wo das gewöhnliche Farbenbild entstand. Nun ließ er das erste Prisma langsam um seine Axe drehen, und beobachtete, daß, wenn die Strahlen, welche in diesem Prisma die größte Brechung gelitten hatten, nemlich die blauen und violetnen, alle mit einander zurückgeworfen wurden, das blaue und violetne Licht auf dem Papiere merklich gegen das rothe und gelbe vermehret ward; so wie auch das übrige Licht, das grüne, gelbe, rothe, nachdem es in dem ersten Prisma gänzlich zurückgeworfen war, auf dem Papiere, gleich dem blauen und violetnen vorher, an Stärke zunahm. Also erhellet aus diesem Versuche, daß das von der Grundfläche des Prisma zurückgeworfene Licht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit zusammengesetzt ist, weil es zuerst von den am meisten brechbaren, und darauf von den weniger brechbaren, nach dem Grade ihrer Brechbarkeit, vermehret wird. In der Figur sind M H die am meisten brechbaren Strahlen, welche unter allen zuerst nach N hin zurückgeworfen werden, und von da in p die Menge der violetnen Strahlen N p vermehren; M G sind die am wenigsten brechbaren, welche, bey fortgesetzter Umdrehung des Prisma, zuletzt zurückgehen, und sich zu den rothen Strahlen N t begeben [k]).

Da nunmehr aus den Newtonianischen Versuchen erhellet, daß die Lichtstrahlen in den Graden der Brechbarkeit unterschieden sind, so folget von selbst, daß die Regeln, welche die ältern Naturforscher von der brechenden Kraft des Wassers des Glases, u. s. w. gegeben haben, auf eine gewisse mittlere Gattung der Strahlen einzuschränken sind, als welche auch Kepler, Snellius und andere vorzüglich betrachtet haben mögen. Doch beweist Newton, daß für jede Gattung insbesondere das Verhältniß des Brechungssinus zu dem Einfallssinus unveränderlich ist, und, dieses sowohl aus der Erfahrung als aus geometrischen Gründen: vorausgesetzet, daß die Brechung eine Wirkung des Körpers auf das Licht nach Linien ist, die auf die Oberfläche desselben senkrecht stehen [l]).

Zusatz

i) Newtoni Optices. L. I. P. 1. pr. 2. p. 37. k) Ibid. p. 43. l) Ibid. p. 61.

Zusatz des Uebersetzers.

Von der Brechung durch ein Prisma.

1. Die Lehre von der Brechung durch ein Prisma, worauf sich soviel physikalisches von der Natur der Strahlen gründet, kann man ohne Hülfe der Mathematik gar nicht einsehen. Da ich keinen bequemen Ort finde, worauf ich den Leser verweisen könnte, so will ich das hieher gehörige kurz einrücken.

fig. 50.

2) Es sey ABC ein Durchschnitt des Prisma, der auf die Axe senkrecht ist. In diesem werde der Strahl FD nach DE gebrochen, und fahre nach EG heraus. Das Brechungsverhältniß aus Luft in Glas seyn: 1; der brechende Winkel BAC $= A$; $BDF = p$; $ADE = q$; $AED = r$; $CEG = s$, so hat man die Gleichungen

I. $n \cos q = \cos p$. II. $n \cos r = \cos s$. III. $\cos r = - \cos (A + q) = \sin A . \sin q - \cos A . \cos q$.

3) Hieraus findet man durch eine leichte Rechnung

$\sin A . \sqrt{(nn - \cos p^2)} - \cos A . \cos p = \cos s$.

4) Diese Gleichung differentiire man, um das letzte Verhältniß der Veränderungen der Winkel p, q, zu erfahren, und man erhält die Gleichung

$$\frac{\sin p . \cos p . \sin A}{\sqrt{(nn - \cos p^2)}} dp + \cos A . \sin p . dp = - \sin s . ds.$$

oder, nach Wegschaffung der Irrationalgröße,

$\sin p . \cos p . dp + \cos A . \sin p . \cos s . dp = - \sin s . \cos s . ds \cos A . \sin s . \cos p . ds$.

Das Zeichen —, womit ds begleitet ist, bedeutet bekanntermaaßen, daß die Veränderungen der Winkel p, s, entgegengesetzet sind.

5) Setzet man $p = s$, so wird $dp = - ds$, oder sehr kleine Veränderungen in der Lage des Strahls FD geben eben so große, aber entgegengesetzte, in der Lage des Strahls EG.

6) Alsdenn ist auch $q = r = 90° - \frac{1}{2} A$, und daher $\cos p = n \sin \frac{1}{2} A$.

7) Es sey $p = s$, so werden die Strahlen die gegen FD auf beyden Seiten gleich geneiget sind, beym Ausfahren noch denselben Winkel mit einander ohne merklichen Fehler machen, den sie beym Auffallen mit einander macheten, woferne dieser Winkel ziemlich klein ist. Denn es verändere sich der Winkel FDB oder p in $p + \alpha$ und $p - \alpha$; und CEG, der ebenfalls nun p sey, verwandele sich alsdenn in $p - \beta$ und $p + \beta'$. Die Zeichen sind den obigen entgegengesetzet, weil die Veränderungen der Winkel es sind. Da, für $p = s$, die Differentiale dp, ds, gleich groß sind, so müssen die Differentiale ds, wenn sie auf der einen Seite des Winkels GEC größer als die Differentiale dp sind, auf der andern kleiner werden. Daher wird, wenn β größer (oder kleiner) als α ist, β' kleiner (oder größer) als α seyn, so daß der Winkel 2α der einfallenden Strahlen, dem Winkel

$\beta + \beta'$

$\beta + \beta'$ der ausfahrenden fast gleich ist. Dieses dienet zum Commentar über die Stelle in Newtons Optik, L. I. pr. 2. p. 24.

8) Exempel. Es sey $A = 60°$; $n = \frac{3}{2}$; so ist

I. wenn $q = r = 60°$, $p = s = 41° \, 24' \, 35''$

II. wenn $p = 41° \, 9' \, 00''$, oder III. $41° \, 40' \, 10''$

	II.				III.		
so ist q =	59	52	5	. . .	60	7	57
r =	60	7	55	. . .	59	52	3
s =	41	40	6	. . .	41	8	56

Die einfallenden Strahlen in II und III machen mit dem einfallenden in I den Winkel $15' \, 35''$. also unter sich den $31' \, 10''$. Zieht man den Winkel des ausfahrenden Strahles mit dem Prisma in III. von dem in II. ab, so bleibt gleichfalls $31' \, 10''$.

9) Hieraus erhellet, daß die Strahlen, welche von entgegen gesetzten Punkten des Sonnenrandes kommen, unter der angenommenen Lage des Prisma gegen den Strahl vom Mittelpunkte, nicht so sehr auseinander fahrend können gemachet werden, wie es die Strahlen sind, welche nach den Enden des Bildes zulaufen. Das Bild der Sonne müßte auch durchs Prisma kreisrund seyn, wenn alle Strahlen gleich brechbar wären.

10) Die Strahlen FD, EG, schneiden sich in I, so ist der Winkel $DIE = A + p + s$. Ist nun $p = s$ so ist, weil $dp = -ds$, dieses Winkels DIE differential $= 0$. Wenn man also alsdenn das Prisma ein wenig drehet, so wird IG doch gegen den Strahl FI gleich viel geneigt seyn, und der Punkt G, in welchem IG eine senkrechte Wand GR trifft, wird sich nicht zu verrücken scheinen. Daraus folget auch, daß sowohl der Winkel DIE als auch die Höhe des Punktes G ein Größtes oder Kleinstes seyn müssen.

11) Es ist in dem Exempel (8) in dem Falle I. $p \times s = 82° \, 49' \, 10''$; in II. $82° \, 49' \, 6''$; in III. $82° \, 49' \, 6''$. Daraus sieht man, daß DIE ein Größtes ist, folglich der Punkt G seine niedrigste Stelle hat, wofern $p = s$. Für diese Lage ist der Winkel EDI des gebrochenen Strahles mit dem einfallenden ein Kleinstes.

12) Hieraus erhält man eine schöne Methode, das Verhältniß der Brechung zu bestimmen. Es werde durch A die horizontale HAOR gezogen, welche von FD in O, von EG in H geschnitten werde. Ist FD ein Strahl vom Mittelpunkte der Sonne, so ist FOA die Höhe dieses Mittelpunktes. Den Winkel H kann man erfahren, wenn man die Höhen der Punkte E, G über dem Boden des Zimmers, nebst der Entfernung der Wand vom Prisma mißt. Unter den verschiedenen Strahlen, die nach dem farbichten Bilde gehen, nehme man den mittlern, wenn man das mittlere Verhältniß der Brechung suchet. Weil $EIO = O + H$, und auch $EIO = EDI + DEI$ so ist in dem Falle da $p = s$, und $EDI = DEI$, $EDI = \frac{1}{2}(O + H)$. Daraus findet man ferner $ADI = ADE - EDI = 90° - \frac{1}{2}A - EDI = p$, daß also $n = \frac{\sin(\frac{1}{2}A + EDI)}{\sin \frac{1}{2}A} = \frac{\sin \frac{1}{2}(A + O + H)}{\sin \frac{1}{2} A}$.

13) Weil EDI ein Kleinstes ist, so verändert es sich fast gar nicht, wenn auch das Prisma nicht völlig die gehörige Lage hat, und man findet dem ungeachtet, wenn auch hierinnen gefehlet werden sollte, die Brechung richtig.

Berechnung des Brechungsverhältnisses ungleichartiger Strahlen.

14) Vorausgesetzet, daß für einen Strahl von einer gewissen Gattung die Winkel BDF, CEG gleich sind, so werden sie es für andere Gattungen von Strahlen nicht seyn. Die am meisten brechbaren werden nach K, die am wenigsten brechbaren nach L zufahren. In der Zeichnung sind, der Deutlichkeit wegen, die ungleichartigen Strahlen, so lange sie im Prisma sind, nicht unterschieden.

15) Es gelte für den Strahl FDEG das Brechungsverhältniß n:1. Um es für die andern zu finden, differentiire man die Gleichung (3) so, daß bloß n und s veränderlich gesetzet werden. Daraus erhält man erstlich

$$dn = -\frac{ds.\ \sin s}{n.\ \sin A} \sqrt{(nn - \cos p^2)}$$

Hier ist $\sqrt{(nn - \cos p^2)} = n \cos \frac{1}{2} A$; und weil für die mittlere Gattung von Strahlen $s = p$ war, ist noch $\sin p$ statt $\sin s$ zu setzen. Alsdenn wird mit Zuziehung bekannter trigonometrischer Formeln

$$dn = -\tfrac{1}{2} n.\ \mathrm{tang}\, p.\ ds$$

16) Die Strahlen von **mittlerer Brechbarkeit** sind diejenigen, in deren Brechungsverhältnisse, n : 1, das Glied n die mittlere arithmetische Proportionalzahl zwischen den vorhergehenden Gliedern der Brechungsverhältnisse der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen ist. Das Brechungsverhältniß für die andern Gattungen wird überhaupt durch $n + dn : 1$ bezeichnet, indem man dn nebst ds als kleine endliche Größen betrachtet; und zwar ist für die mehr brechbaren dn positiv, weil ds negativ ist, so wie für die weniger brechbaren dn negativ ist.

17) Newton (Opt. L. I. pr. 7) fand die Summe der Winkel bey O und H, 44° 40′. Der Winkel A war 62° 30′. Folglich war $n : 1 = \sin 53° 35' : \sin 31° 15'$ nach (12) oder $n = 1,5512$, für die mittlern Strahlen. Ferner war die Länge des Bildes nach Abzug der Breite $7\frac{1}{4}$ Zolle, die Entfernung desselben vom Prisma $18\frac{1}{2}$ Fuß, folglich der Winkel der äußern Strahlen 2° 0′ 7″, und die Hälfte 1° 0′ 3″ der Winkel der äußern Strahlen mit den mittlern. Dieses ist ds in Graden ausgedrücket. Weil man es aber hier durch einen Bogen mit dem Halbmesser Eins ausdrücken muß, so wird $ds = 0,01747$. Dabey ist $p = 36° 25'$, als das Complement von 53° 35′, und $n = 1,5512$. Hieraus findet man vermittelst der Logarithmen aus (15) $dn = 0,01$; und es ist das Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen 1,551 : 1; der violetnen 1,561 : 1; der rothen 1,541 : 1. Newton findet auf eine andere Art diese Verhältnisse; 8047 : 5188; 8099 : 5188; 7995 : 5188; welche mit jenen auf eines herauskommen. Die Brechungsverhältnisse für die violetnen und rothen Strahlen sind in den kleinsten ganzen Zahlen ausgedrücket, 78 : 50 und 77 : 50, wie Newton eben daselbst lehret.

18) Die

18) Die Unterschiede der Brechungssinus der Strahlen von der mittlern und einer andern Gattung aus Glas in Luft für denselben Einfallssinus, verhalten sich wie die Winkel derselben beym Ausfahren aus dem Prisma.

Zweyter Abschnitt.

Von der Natur der Farben.

Um eben die Zeit, da dieser große Naturforscher der königlichen Gesellschaft seine Lehrsätze von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen mittheilete, trug er ihr auch, welches freylich eine nothwendige Folge aus jenen war, seine Gedanken über die Beschaffenheit der Farben vor. Er setzete sie in einer Reihe von Sätzen auseinander, davon die wichtigsten folgende sind.

Newtons Gedanken von den Farben.

1) So wie die Strahlen in der Brechbarkeit verschieden sind, so unterscheiden sie sich auch durch das Vermögen, diese oder jene besondere Farbe hervorzubringen. Farben sind nicht, wie man gewöhnlich glaubt, Modificationen des Lichtes durch die Brechung und Zurückwerfung, welche es von den Körpern leidet, sondern ursprüngliche und eigenthümliche Eigenschaften desselben, die in verschiedenen Strahlen verschieden sind. Einige Strahlen haben das Vermögen, die Empfindung der rothen Farbe, und keiner andern; einige der gelben Farbe, und keiner andern; einige der grünen, und keiner andern, und so ferner, zu erwecken. Nicht bloß die kenntlichsten Farben haben ihre eigene Strahlen, wodurch sie hervor gebracht werden, sondern alle dazwischen fallende Schattirungen haben dergleichen.

2) Mit demselben Grade der Brechbarkeit ist allemal dieselbe Farbe verknüpfet, und umgekehret.

3) Dieselbe Gattung von Farben, und derselbe Grad von Brechbarkeit, an jeder beliebigen Art von Strahlen, ließ sich weder durch Brechung, noch durch Zurückstrahlung, noch durch irgend eine andere Ursache, so viel er bemerken konnte, verändern. Wenn eine Gattung von Strahlen von den ungleichartigen wohl abgesondert war, so behielt sie hernach ihre Farbe, ungeachtet aller Bemühungen, die er, sie zu verändern, anwandte. Er lies dieses gleichartige Licht sich durch Prismen brechen, und von Körpern, die in dem Tageslichte andere Farben hatten, zurück prallen. Er fieng es mit dem farbichten Luftscheibchen auf, das sich zwischen zwo an einander gedrückten Glasplatten zeiget. Er lies es durch gefärbte Körper durchgehen, und veränderte auf mancherley Art die Figur des Strahles; aber nie konnte er daraus eine neue Farbe erzwingen. Durch die Zusammenziehung oder Zerstreuung ward es wohl heller oder matter, und durch den Verlust der Strahlen bisweilen sehr dunkel und unkenntlich, aber die Gattung blieb unveränderlich.

4) Eine scheinbare Verwandlung der Farben läßt sich durch die Vermischung ungleichartiger Strahlen machen. Allein in solchen Vermischungen sind die dazu genommenen Farben selbst nicht sichtbar, sondern sie bringen, indem jede die andern

schwächet, eine mittlere Gattung hervor; weswegen auch, wenn man die ungleichartigen Strahlen durch die Brechung von einander sondert, verschiedene Farben an dieser Mischung sich zeigen werden. So erscheint blaues und gelbes Pulver wohl mit einander gemischet, dem bloßen Auge grün, und doch sind die Farben der einzelnen Theile dabey nicht wirklich verändert, sondern nur mit einander vermenget, weil sie durchs Mikroskop noch immer grün und gelb erscheinen.

5) Ferner giebt es zwo Arten von Farben, erstlich die einfachen und ursprünglichen, zweytens, die aus diesen zusammengesetzten. Die Grundfarben sind, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, und ein violetnes purpur, nebst einer unendlichen Menge von Schattirungen zwischen diesen.

6) Eben solche Farben, wie diese ursprünglichen, der Art nach, lassen sich durch eine Zusammensetzung hervorbringen. So wird aus gelb und blau zusammen vermischet, grün, aus roth und gelb wird orange, aus orange und gelblichgrün wird gelb. Und überhaupt, wenn Farben, die in der Reihe der prismatischen nicht gar zu weit von einander entfernt sind, mit einander vermischet werden, so werden sie einander so verändern, daß die in der Mitte zwischen ihnen liegende Farbe daher entsteht. Dies geschieht aber nicht, wenn sie zu weit auseinander liegen. So geben orange und indigo nicht das zwischen ihnen in der Mitte liegende grün, oder scharlach und grün das mitten ihnen befindliche gelb.

7) Keine Farbe ist auf eine so besondere und wunderbare Art zusammengesetzet, wie die weiße. Diese hervorzubringen, werden alle Grundfarben, nach gewissen Verhältnissen der Mischung erfodert. Mit Bewunderung sah er oft alle prismatische Farben, wenn die Strahlen zusammenlaufend gemachet wurden, daß sie sich wieder, wie vor ihrer Zerstreuung durchs Prisma, mit einander vermischeten, ein vollkommen weißes, von dem Sonnenlichte nicht verschiedenes Licht, wieder hervorbringen. Nur, wenn die Gläser nicht vollkommen rein waren, neigeten sie sich ein wenig zu der Farbe derselben.

Versuch, aus den prismatischen Farben weiß hervorzubringen.

Dieses zu untersuchen, giebt er folgenden Versuch an. In einem verfinsterten Zimmer mache man in dem Fensterladen eine Oeffnung, etwa $\frac{1}{3}$ Zoll weit, damit man genug Sonnenlicht erhalten möge, stelle vor das Loch ein helles farbenloses Prisma, das Licht dadurch nach dem andern Ende des Zimmers hinzubrechen. Darauf stelle man ein Linsenglas von etwa drey Fuß Brennweite, in einer Entfernung von etwa 4 bis 5 Fuß hinter dasselbe, dergestalt daß die Strahlen aller Farben das Glas treffen, und in einer Entfernung von etwa 10 bis 12 Fuß sich vereinigen mögen. Fängt man sie an diesem Orte mit einem Bogen weißen Papiers auf, so werden die Farben, wegen ihrer Vermischung, eine weiße Farbe geben. Beweget man das Papier hin und her, so wird man nicht allein den Ort treffen, wo die Weiße am vollkommensten ist, sondern man wird auch sehen, wie sich die Farben der Weiße allmählig nähern und sich darinnen verlieren; und wie die Strahlen jenseits der Stelle der völligen Weiße, wo sie sich kreuzeten, wieder auseinander fahren, und, nur in umgekehrter Ordnung, dieselben Farben wie dießeits darstellen. Wird eine oder mehrere der Farben aufgefangen, so wird statt der Weiße eine andere Farbe entstehen. Soll also

die

die Weiße so vollkommen als möglich seyn, so muß man wohl Acht geben, daß keine Strahlen von einer Farbe das Linsenglas vorbey fahren.

Hieraus folgert unser Verfasser, daß Weiß, die gewöhnliche Farbe des Lichtes, eine Vermischung aller Lichtstrahlen von allen Farben sey, die von den verschiedenen Theilen leuchtender Körper herkommen. Sind die einfachen Strahlen in dem gehörigen Verhältnisse der Mischung vorhanden, so entsteht daraus die weiße Farbe; ist aber eine Gattung vor der andern in größerer Menge da, so wird die Farbe des Lichtes sich nach der Farbe dieser Strahlen hinneigen, wie zum Beyspiele bey der blauen Flamme des Schwefels, der gelben Flamme einer Kerze, und dem mancherley Lichte der Fixsterne.

Bey den Versuchen über die Unmöglichkeit, die Grundfarben zu verändern, erinnert er, daß das Zimmer sehr dunkel seyn müsse, damit nicht einiges zerstreuetes Licht sich mit der Grundfarbe vermische, und sie zu einer zusammengesetzten mache. Auch ist es nöthig, saget er, daß die Farben noch besser von einander gesondert werden, als es mit einem einzigen Prisma möglich ist; sonst, wenn die Absonderung nicht hinlänglich genau ist, muß man deswegen nach Maasgabe der Mischung auf einige Veränderung der Farbe rechnen. [a])

Daß das gefärbte Sonnenlicht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit besteht, erhellet aus mehrern der im ersten Abschnitte angeführten Versuche zur Genüge; und ohne Zweifel entstehen auch die Farben natürlicher Körper von dergleichen Strahlen, weil aus einigen dieser Versuche es sich offenbar zeiget, daß die natürlichen Körper diese oder jene Farbe haben, weil sie diese oder jene Strahlen zurückwerfen. Doch erdachte unser Verfasser, seine Lehre von der Beschaffenheit der Farbe natürlicher Körper unmittelbar zu beweisen, folgende Versuche, welche es sich wohl verlohnet anzuführen.

Versuche mit dem Lichte natürlicher Körper.

Er nahm ein schwarzes länglichtes steifes Stück Papier, in Gestalt eines Parallelograms, und theilete es durch eine Querlinie, senkrecht auf die längern Seiten, in zwey gleiche Theile. Einen dieser Theile überlegte er mit rother, den andern mit blauer Farbe, und fand, wie er das Papier durch ein Prisma, den brechenden Winkel aufwärts gekehret, betrachtete, daß die blaue Hälfte durch die Brechung mehr erhoben ward, als die rothe; daß aber, wenn der brechende Winkel unterwärts gekehret war, die blaue Hälfte niedriger erschien; so, daß also in beyden Fällen das Licht von der blauen Hälfte durch das Prisma stärker gebrochen ward, als das, welches von der rothen herkam.

Um eben dieses Papier wickelte er einen feinen Faden schwarzer Seide, erleuchtete es stark durch das Licht einer Kerze, und stellete sechs Fuß von dem Papiere ein Linsenglas, das vier Zolle breit war, um die Strahlen, welche von den verschiedenen Punkten des Papiers herkamen, aufzufangen, und sie wiederum in gleich vielen Punkten in derselben Entfernung hinter dem Glase zu vereinigen; damit auf solche Art ein

 Bild

a) Philos. trans. abr. vol. I. p. 113. (Man findet diese Lehre auch in der erstern Hälfte des 2ten Theils des 1sten Buches der Newt. Optik. K.)

Bild des farbichten Papiers auf einem weißen Papiere daselbst entworfen werden möchte. Darauf bewegete er sein weißes Papier rückwärts und vorwärts, und bemerkete sorgfältig die Stellen, wo die Bilder der rothen und der blauen Hälfte des gefärbten Papieres am deutlichsten zu sehen waren. Er fand, daß, wo die rothe Hälfte am deutlichsten ausfiel, die blaue Hälfte undeutlich war; so, daß die schwarzen Linien darauf kaum zu erkennen waren: so wie umgekehrt, wo die blaue Hälfte am deutlichsten schien, die rothe undeutlich ward. Die beyden Stellen, wo diese Bilder deutlich erschienen, waren anderthalb Zoll von einander. Um so viel war nämlich der Vereinigungspunkt der blauen Strahlen, als der brechbarsten, dem Glase näher.

Beyde Farben bestanden übrigens aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit, so, daß in dem rothen Lichte einige nicht weniger brechbare Strahlen als in dem blauen, und in dem blauen einige nicht mehr brechbare als in dem rothen, beygemischet waren. Weil diese aber verhältnißweise wenig waren, so konnten sie den Erfolg des Versuches wohl vermindern, aber nicht ganz vernichten. Waren die beyden Farben, die rothe und blaue, blasser, so fielen die Bilder näher als anderthalb Zoll aneinander; waren sie aber glänzender, so ward die Entfernung der Bilder größer. [b])

Da ich in dem vorigen Abschnitte nur gezeiget habe, wie weit die Strahlen in Absicht auf die Brechbarkeit von einander verschieden sind, so will ich nun die Resultate der Untersuchungen unsers genauen Naturforschers über die verschiedenen Grade der Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen der Strahlen, nach ihren besondern Farben, erzählen. Nur muß ich vorher erklären, auf welche Art er die Gränzen jeder Farbe, in dem länglichten Bilde der Sonne, genauer als es bisher angezeiget ist, zu bestimmen verfuhr. In dem Sonnenbilde waren die Farben nicht allein der äußern, sondern auch der mittlern sehr von einander verschieden, aber es war doch nicht möglich anzugeben, wo die eine sich endigte, und die andere anfieng. Die Ursache davon ist, daß die Strahlen jeder Gattung ein kreisrundes Bild der Sonne von einer besondern Farbe auf dem Papiere entwerfen. Da diese Gattungen jede von den nächsten unendlich wenig verschieden sind, so entstehen dadurch unzählich viele Kreise, deren Mittelpunkte unendlich nahe an einander liegen, daß also das Licht aufs innigste mit einander vermischet wird, besonders um die Mitte des Bildes, wo es am hellesten ist.

Könnte man, saget er, diese Kreise, ohne die Lage ihrer Mittelpunkte zu verändern, kleiner im Durchmesser machen, so würden sie nicht so sehr in einander fallen, und die ungleichartigen Strahlen sich weniger mit einander vermischen. So laufen in P T die verschiedenen kreisrunden Sonnenbilder in einander, aber in p t, wo die Kreise kleiner sind, und die Mittelpunkte derselben eben so weit wie dort von einander entfernet liegen, wird die Mischung mit den Durchmessern gleichmäßig vermindert.

fig. 51.

Dieses

b) Newtoni Optices, L. I. prop. 1. p. 15.

Dieses ließe sich bewerkstelligen, wenn man außerhalb des Zimmers, in einer großen Entfernung vom Prisma, nach der Sonne hin, einen dunkeln Körper, mit einem runden Loche in der Mitte anbringen könnte, um dadurch alles Licht der Sonne, außer demjenigen von der Mitte ihrer Scheibe aufzufangen. Statt dieses Körpers gebrauchet er ein Linsenglas auf folgende Art.

Versuch, die ungleichartigen Strahlen mehr abzusondern.

Ohngefähr 10 bis 12 Fuß von dem Fenster stellete er das Linsenglas, dadurch das Bild des Loches, in einer Entfernung von 6, 8, 10, 12 Fuß, nach Beschaffenheit des Glases, auf einem weißen Papiere entworfen wurde. Gleich hinter das Linsenglas stellete er ein Prisma, welches das gebrochene Licht aufwärts oder zur Seite hinlenkete, und bewegete das Papier, worauf er das länglichte Sonnenbild auffieng, so lange hin und her, bis daß er die Stellung fand, in welcher die geradlinichten Seiten des Prisma recht deutlich erschienen. Auf solche Art waren die kreisrunden Bilder des Loches, woraus das länglichte Bild, wie pt (Fig. 51) zusammengesetzet war, ganz deutlich, ohne Halbschatten, begränzet, liefen so wenig als möglich in einander, und die Vermischung der ungleichartigen Strahlen war so geringe als sie nur seyn konnte. Nachdem er ein größeres oder kleineres Loch in dem Fensterladen brauchete, machete er die kreisrunden Bilder nach Gefallen größer oder kleiner, und veränderte die Mischung der Strahlen in dem länglichten Bilde, wie es ihm beliebete. Die Breite desselben machete er 40, ja bisweilen 60 bis 70 mal kleiner als die Länge. (fig. 52.)

Anstatt eines kreisrunden Loches empfiehlt unser Verfasser eine Oeffnung in Gestalt eines langen Rechtecks, dessen Länge mit dem Prisma parallel ist. Denn wenn dieses einen bis zwey Zoll lang, und nur $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ Zoll breit ist, so wird das Licht des Bildes so gut von einander gesondert seyn, wie vorher, und dabey wird das Bild viel breiter, und daher bequemer zu diesen Versuchen seyn. Außer dieser Oeffnung schlägt er auch eine in Gestalt eines gleichschenklichten Dreyecks vor, dessen Grundlinie etwa $\frac{1}{10}$ Zoll, und die Höhe einen Zoll und darüber seyn mag. Denn dadurch wird, wenn man die Axe des Prisma parallel mit der Höhe dieses Dreyecks richtet, das Bild pt aus lauter gleichschenklichten Dreyecken ag, bh, ci, dk, el, fm, u.s.w. und unzählig vielen andern dazwischen liegenden bestehen, die sich nach der Größe und Gestalt der Oeffnung richten, und eins neben dem andern zwischen den parallelen Linien af, gm, liegen. Diese Dreyecke laufen bey ihren Grundlinien ein wenig in einander, aber nicht bey ihren Spitzen. Deswegen ist das Licht an der hellen Seite des Bildes af, wo die Grundlinien der Dreyecke liegen, etwas zusammengesetzet, aber an der dunklern Seite gm ist es völlig ungemischet; und an jeder Stelle zwischen den Seitenlinien ist die Mischung der Entfernung dieser Stelle von der dunklern Seite gm proportional. Bey einem solchen Bilde kann man die Versuche entweder in dem hellern aber nicht so reinem Lichte, nahe an af, oder in dem schwächern und einfachern Lichte, nahe bey gm, wie man es für gut findet, anstellen. (fig. 53.)

Zu diesen Versuchen, erinnert er, muß das Zimmer sehr dunkel, das Linsenglas sehr gut, ohne Blasen und Adern, das Prisma wohl polirt, mit vollkommen

ebenen

ebenen Seiten seyn. Der Winkel desselben muß etwa 65 bis 70 Grad halten; auch müssen die Ecken des Prisma und der Rand des Linsenglases, in so weit eine unordentliche Brechung dadurch verursachet werden könnte, mit schwarzem aufgeleimten Papiere bedecket werden. Alles unnöthige Licht muß man mit schwarzem Papiere oder auf andere Art auffangen. Weil es schwer hält, zu diesen feinen Versuchen tüchtige Glasprismen zu bekommen, so nahm er bisweilen prismatische Gefäße, die aus Stücken Spiegelglas zusammengesetzet waren, und füllete sie mit Regenwasser, worinne er, um die Brechung zu vergrößern, bisweilen viel Bleyzucker auflösete [c]).

fig. 54. Nachdem er auf die oben erzählete Art die Seitenlinien des farbichten Bildes, als AF, GM, recht deutlich ausgedrücket bekommen hatte, zeichnete er den Umriß FAPGMT auf ein Blatt Papier, und hielt es so, daß das Bild mit der Zeichnung genau zusammenfiel. Darauf mußte ein Gehülfe, dessen Auge schärfer als die seinigen, die Farben zu unterscheiden, waren, die Gränzen jeder Farbe mit Querlinien angeben. Diese Arbeit wurde oft, sowohl auf demselben als andern Papieren wiederholet, und die Beobachtungen trafen immer recht wohl mit einander überein. Nun fand er, daß die Seiten MG, FA, solchergestalt wie eine musikalische Tonleiter eingetheilet waren. Denn wenn GM bis X verlängert, und MX gleich GM genommen, und ferner diese GX so eingetheilet ward, daß GX, lX, iX, hX, eX, gX, aX, MX, sich wie die Zahlen 1, $\frac{8}{9}$; $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$, verhielten, und also die Längen der Saiten des Grundtons, der großen Secunde, der kleinen Terz, der Quarte, der Quinte, der großen Sexte, der Septime [d]), und der Ober-Octave vorstelleten, so waren die Zwischenräume Ma, ag, ge, eh, hi, il, lG, die Breiten, welche die verschiedenen Farben, Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violet, einnahmen.

Uebereinstimmung der Farben mit den Tönen.

Brechungsverhältnisse der sieben Hauptfarben im Glase.

Diese Zwischenräume, welche die Winkel der nach den Gränzen dieser Farben, das ist, nach den Punkten M, a, g, e, h, i, l, G, zulaufenden Strahlen überschneiden, kann man ohne merklichen Fehler den Unterschieden der Brechungssinus dieser Strahlen bey einem gemeinschaftlichen Einfallssinus proportional setzen [e]). Weil nun das Brechungsverhältniß der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen, bey dem Uebergange aus Glas in Luft, wie 50 zu 78 und 50 zu 77 war gefunden worden, so muß der Unterschied zwischen 77 und 78 in demselben Verhältnisse mit der Linie GM eingetheilet werden, und so erhält man die Zahlen 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78, für die Brechungssinus dieser Strahlen aus Glas in Luft, da 50 den gemeinschaftlichen Einfallssinus darstellet.

c) Newtoni Optices. L. I. P. 1. pr. 4. p. 51.

d) Der kleinen Septime, b e; denn der Werth der großen Septime, h, ist $\frac{15}{8}$. Die große Sexte ist nach der diatonischen Tonleiter der Griechen angesetzet; nach der neuern ist sie $\frac{16}{27}$. Marpurgs musikalische Setzkunst, S. 22, 26. K.

e) Wenn die mittlern Strahlen senkrecht auf das Papier fallen, so verhalten sich diese Zwischenräume ziemlich genau, wie die Winkel der Strahlen mit einander, und diese wie die Unterschiede der Brechungssinus. Zusatz zum vorigen Abschn. am Ende. K.

let. Demnach ist der Einfallssinus der rothen Strahlen gegen den Brechungssinus nicht größer, als 50 gegen 77, und nicht kleiner als 50 gegen $77\frac{1}{8}$; so daß die Brechungsverhältnisse aller Arten von Strahlen, welche die Empfindung einer rothen Farbe erregen, zwischen den Gränzen, 50: 77 und 50: $77\frac{1}{8}$ liegen. So auch mit allen übrigen Farben [f]).

Weiß ist aus allen Farben zusammengesetzt.

Nachdem unser Verfasser gezeiget, daß das Sonnenlicht aus verschiedentlich gefärbten, nach einem gewissen Verhältnisse mit einander vermischten Strahlen, bestehe: so beweist er durch eine andere Reihe von Versuchen den durch einen oben schon angeführten Versuch erwiesenen Satz, daß, wenn die einfachen Strahlen, worinn ein Lichtstrahl aufgelöset ist, wieder vermischet werden, ein weißes Licht daraus entstehe; und daß, wenn einer derselben aufgefangen werde, das Sonnenbild gefärbet erscheinen müsse, und zwar auf verschiedene Art, nach Beschaffenheit der zurückgehaltenen Strahlen. Und, um den Beweis vollständig zu machen, bemerket er, daß wenn man die Farben, welche das weiße Bild hervorbringen, alle bis auf eine, auffängt, die Farben zwar dadurch nach ihrer Ordnung erscheinen; allein daß, sobald man sie sehr geschwinde auf einander folgen läßt, das Bild weiß bleibt, ungeachtet ganz gewiß jeden Augenblick nur eine Farbe vorhanden ist. Daher folgert er ganz richtig, daß wenn die Farben, indem sie auf einander folgen, weiß scheinen, sie noch vielmehr, wenn sie so innig, wie in dem Sonnenlichte, mit einander vereinigt sind, die Empfindung der weißen Farbe erregen werden.

So wie er aus den verschiedentlich gefärbten Sonnenstrahlen ein weißes Licht hervorbrachte, so versuchete er auch eben dieses mit gefärbten Materien zu bewerkstelligen, dabey er aber die verschiedenen Farben in demselben Verhältnisse zu einander setzete, wie er sie in dem Sonnenlichte angetroffen hatte. Es glückete ihm auch. Die gefärbten Pulver, deren er sich bedienete, zeigeten zwar anfangs nur eine graulichte Farbe. Allein dies war wirklich nur ein dunkles Weiß, oder Weiß mit Schatten vermenget. Denn wie er die Mischung in ein starkes Licht stellete, so ward sie so glänzend weiß, daß ein Freund, der ihn besuchete, wie er eben mit diesen Versuchen beschäfftiget war, und der nicht wußte, was Newton vorgehabt hatte, die Mischung in diesen Umständen für eben so weiß wie ein Stück feines weißes Papier, das er damit verglich, erklärete. [g])

Wie man die Farbe einer Mischung aus ihren Ingredienzen bestimmt.

Weil die prismatischen Farben in der erst angeführten Mischung Weiß hervorbringen, so werden in andern Verhältnissen der Mischung, oder wenn nur einige derselben genommen werden, allerhand Farben aus ihnen entstehen. Aus der gegebenen Menge und Beschaffenheit gewisser Hauptfarben die Farbe der aus ihnen zusammengesetzten Mischung zu bestimmen, hat Newton eine sehr sinnreiche Methode angegeben. Aus dem Mittelpunkte O beschreibe man einen Kreis ADF, theile dessen Umfang in 7 Theile, die sich wie die musikalischen Intervalle in einer Octave, das ist, wie die Zahlen $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{9}$, verhalten. [h]) Der erste

fig. 55.

f) Newtoni Optices, L. I. P. 2. pr. 3. p. 103.

g) Ibid. L. II. P. 2. pr. 5. exp. 15. p. 123.

h) Diese Intervalle zu finden, muß man den

erste Theil DE stelle die rothe, der zweyte EF die Orangenfarbe und so weiter, vor, wobey man annehmen muß, daß alle diese Farben allmählig sich eine in die andere verlieren. Ferner sey p der Schwerpunkt des Bogens DF, und q, r, s, t, u, x, die Schwerpunkte der übrigen Bogen. Um diese Punkte beschreibe man Kreise, die sich wie die Menge der Strahlen in jeder Farbe der gegebenen Mischung verhalten. Darauf suche man den gemeinschaftlichen Schwerpunkt aller dieser Kreise, welcher in Z falle, so wird, wenn man eine gerade Linie durch O und Z zieht, der Punkt Y, in welchem sie den Umfang trifft, die Farbe der Mischung anzeigen; und die Linie OZ wird der Völligkeit oder Stärke der Farbe proportional seyn, oder angeben, wie weit sie von der weißen Farbe entfernt sey. Doch ist zu merken, daß, wenn nur zwo Hauptfarben, die auf dem Kreise gegen einander über liegen, in gleicher Maaße genommen werden, der Punkt Z in den Mittelpunkt O, welcher die weiße Farbe darstellet, treffe, obgleich diese beyde Farben nie ein vollkommenes Weiß, sondern eine matte namenlose Farbe hervorbringen. Ob sich aus drey in gleichen Weiten auf dem Umfange von einander genommenen Farben ein vollkommenes Weiß hervorbringen lasse, kann er nicht sagen, wiewohl er nicht zweifelt, daß es mit vier oder fünfen angehen möge. Inzwischen hält er selbst dieses für nicht viel besser, als Spielwerke, woraus man wenig Nutzen zur Erklärung der Naturbegebenheiten ziehen könne, weil alle weiße Farben, welche die Natur erzeuget, alle Gattungen von Strahlen enthalten. [i])

Dritter Abschnitt.

Erklärung verschiedener Erscheinungen durch Hülfe der obigen Entdeckungen.

Nachdem Newton durch ein so vollkommenes analytisches Verfahren, wie man es sich sonst nie bedienet hatte, und das als das beste Muster für alle fernern Untersuchungen über die Kräfte der Natur mit Recht angesehen wird, zur wahren Theorie des Lichtes und der Farben gelanget war, so fuhr er nunmehr auf dem synthetischen Wege fort, verschiedene Erscheinungen durch Hülfe derselben zu erklären.

Warum man die Sachen durch ein Prisma mit einem gewissen farbichten Rande sieht

fig. 56.

Zuerst erkläret er die Ursache, warum an einem Gegenstande, den man durch ein Prisma betrachtet, bloß der Rand mit gewissen Farben und in einer gewissen Ordnung gefärbet erscheint. Es sey ABC ein Prisma, worauf durch ein Loch Ff, das fast so breit ist, als das Prisma selbst, das Licht der Sonne fällt. In MN sey ein weißes Papier, welches das gebrochene Licht auffängt. Auf diesem mögen die am meisten brechbaren, oder die dunkelsten violetnen den Raum Pp einnehmen, die am wenigsten brechbaren den Raum Tt, die mittlern Strahlen zwischen den Indigofärbigen und blauen den Raum Qq, die grünen von der Mittelgattung den Raum

den numerischen Werth des niedrigsten der Töne, die man vergleichet, jedesmal durch 1 ausdrücken, und darauf den Unterschied der Töne nehmen. Newton giebt seine Regel nicht für mathematisch richtig, sondern nur für eine Näherung aus. K.

i) Newtoni Optices. L. I. P. 2. pr. 6. p. 127.

Raum Rr, die zwischen gelb und orange fallenden den Raum Ss, und die andern Gattungen die dazwischen fallenden Räume. Ist nun das Papier dem Prisma so nahe, daß die Räume PT, pt nicht in einander fallen, so wird der Raum von T bis p von Strahlen jeder Gattung, in dem gehörigen Verhältnisse ihrer Mengen, erleuchtet, und demnach weiß seyn. Aber die Räume oben und unterwärts bekommen nicht alle Arten von Strahlen, und werden folglich gefärbet erscheinen. Weil das Sonnenlicht nicht völlig weiß, sondern ein wenig gelblich ist, so werden die überschießenden gelben Strahlen durch ihre Vermischung mit dem blassen Blau zwischen S und T eine grünlichte Farbe hervorbringen. Demnach werden die Farben von P bis t in folgender Ordnung folgen: violet, indigo, blau, blaßgrünlicht, weiß, blaßgelb, orange, roth. So, saget Newton, giebt sie die Rechnung an, und die Erfahrung wird es bestätigen.

Befindet sich das Papier aber auf der andern Seite von X, wo die Farben in eines fließen, so wird die weiße in der Mitte verschwinden. Denn alsdenn werden die am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen in der Mitte fehlen, und die übrigen Strahlen daselbst werden ein lebhafter Grün als vorher zuwege bringen. Das gelbe und blaue wird auch weniger mit andern Strahlen versetzet, und daher stärker seyn. Alles so, wie es die Erfahrung zeiget.

Betrachtet man einen weißen Körper, der mit einem schwarzen oder dunkeln umgeben ist, durch ein Prisma, so wird der Rand farbicht erscheinen, wovon der Grund in dem oben angeführten liegt. Ist der Gegenstand schwarz, und mit einem weißen Körper umgeben, so muß man die Farben, welche er durch das Prisma zu haben scheint, dem Lichte des weißen Körpers, das sich in den dunkeln hinein erstrecket, zuschreiben [a]). Darum sind sie alsdenn auch in umgekehrter Ordnung, als in dem vorigen Falle vorhanden. Ein gleiches gilt auch von einem Körper, dessen Theile un-

 gleich

a) Z. E. Wenn man das Bley eines Fensters, durch ein Prisma, dessen Axe parallel damit ist, mit unterwärts gekehrtem brechenden Winkel betrachtet, so erscheint er ganz bunt, oben blau mit einem ganz schmalen violetnen Streifen darunter; auf der andern Seite zu unterst hochgelb, und darüber, an dem violetnen und blauen, roth. Die Ursache des farbichten Randes an der Gränze des hellen und dunkeln, wenn man sie durch ein Prisma betrachtet, ist aus dem, was hier nach Newton angeführet wird, so leicht nicht zu begreifen, weil die Zeichnung dazu nicht bequem ist. Auf folgende Art wird es leichter fallen. Wenn man durch ein Prisma einen hellen und dunkeln Gegenstand neben einander sieht, und der dunkle nach dem brechenden Winkel hin liegt, so werden unter den nach diesem Winkel hinfahrenden Strahlen die brechbarsten noch ins Auge kommen können, wenn die weniger brechbaren es vorbeygehen; also wird der dunkle Rand zu innerst violet, daran blau erscheinen. Liegt hingegen die helle Sache nach dem brechenden Winkel hin, so werden von denjenigen Strahlen, die an der Grundfläche des Prisma durchgehen, die am wenigsten brechbaren noch ins Auge kommen, wenn die mehr brechbaren es nicht können; und die dunkle Sache bekömmt einen rothen, und um diesen einen hochgelben Rand. Nur muß man wissen, daß, wenn die Schiefe des auffallenden Strahls vermehret wird, die Schiefe des ausfahrenden abnimmt; auch, daß bey einerley Einfallswinkel die violetnen und blauen am meisten, die rothen und gelben am wenigsten schief gegen die zweyte Fläche des Prisma herausfahren. K.

gleich erleuchtet sind. Denn an den Gränzen der ungleich hellen Theile müssen aus eben dem Grunde, nämlich wegen des Ueberschusses des Lichtes der hellern Theile, Farben entstehen. Diese müssen von eben der Art, als wenn die weniger hellen Theile schwarz wären, nur matter und blasser seyn [b]).

Blauer Bogen im Prisma durch die Reflexion. fig. 57.

An dem Prisma zeiget sich noch eine so wunderbare, aus den sonst gewöhnlichen Hypothesen ganz unerklärbare Erscheinung, daß er es allerdings der Mühe werth hielt, ihre Erklärung zu unternehmen. Sie ist folgende. Es sey HFG ein Prisma in freyer Luft, und der Zuschauer in S betrachte die Wolken vermittelst des Lichtes, welches durch die Seite FG herein fällt, und von der Grundfläche zurück geworfen wird. Hat nun das Auge nebst dem Prisma eine solche Lage, daß der Einfalls- und Zurückstrahlungswinkel etwa 40 Grad ist, so wird sich ein blauer Bogen MN zeigen, der von einem Ende der Grundfläche nach dem andern hinläuft, und die hohle Seite gegen den Zuschauer kehret. Dabey wird die Grundfläche jenseits des Bogens heller, disseits dunkler scheinen. Dieser blaue Streif entsteht durch nichts, als durch die Zurückstrahlung. Denn man schneide, saget er, die Seitenflächen und die Grundfläche des Prisma mit einer auf sie senkrechten Ebene ABC. Von dem Auge ziehe man an die Durchschnittslinie BC die Linien Sp, St, unter den Winkeln SpC von $50\frac{1}{9}$ Gr. und StC von $49\frac{1}{28}$ Gr. so wird der Punkt p die Gränze seyn, jenseits welcher keiner von den am meisten brechbaren Strahlen durch die Grundfläche des Prisma kommen und gebrochen werden kann; solchen nämlich, deren Einfallswinkel so beschaffen ist, daß sie nach dem Auge hin zurück geworfen werden können. Eben so wird der Punkt t die Gränze für die am wenigsten brechbaren Strahlen, und der zwischen beyden in der Mitte liegende Punkt r für die mittelartigen Strahlen seyn. Darum werden alle Strahlen von der am wenigsten brechbaren Gattung, die zwischen t und B auffallen, und von da nach dem Auge hinkommen können, nach demselben hin zurückgeworfen werden; aber auf der andern Seite von t werden viele durch die Grundfläche durchgehen. Eben so werden die Strahlen von der brechbarsten Gattung, welche auf die Grundfläche jenseits p so fallen, daß sie nach dem Auge hin kommen können, alle dahin zurückgeworfen werden; aber allenthalben zwischen p und C werden viele dieser Strahlen durch die Grundfläche gehen und gebrochen werden. Auf gleiche Weise verhält es sich auch mit den Strahlen von der Mittelgattung disseits und jenseits des Punktes r. Folglich muß die Grundfläche zwischen t und B allenthalben, wegen der völligen Zurückwerfung der Strahlen, weiß und helle aussehen, dagegen sie zwischen p und C, wegen des Durchganges vieler Strahlen, blaß und dunkel scheinen wird. Aber in r und in andern Stellen zwischen p und t, wo die Strahlen von der brechbarsten Gattung alle zurückprellen, die von den andern Gattungen aber zum Theil durchgehen, werden die am meisten brechbaren wegen ihrer größern Menge die Grundfläche mit der ihnen eigenen Farbe, nämlich violet und blau, färben.

Newtons Erklärung des Regenbogens.

Von dieser Auflösung geht unser vortreffliche Naturkündiger zu der Anwendung seiner neuen Theorie der Farben auf die so vielfältig untersuchten Erscheinungen am Regen-

b) Newtoni Optic. L. I. P. 2. prop. 8. p. 134. c) Ibid. exp. 16. p. 137.

Regenbogen. Er fängt diese merkwürdige Untersuchung da an, wo de Dominis und Descartes sie hatten liegen lassen müssen. Denn sie konnten keine gute Ursache angeben, warum der Regenbogen farbicht ist, noch viel weniger, warum die Farben sich in einer gewissen Ordnung zeigen.

Wenn die Lichtstrahlen nicht in der Brechbarkeit verschieden wären, und nach ihren Graden der Brechbarkeit verschiedene Farben erzeugeten, so würde der Regenbogen nicht allein viel schmäler, als er itzt ist, sondern auch ganz farbenlos seyn. Aus der verschiedenen Brechbarkeit, und der damit verknüpften verschiedenen Beschaffenheit der Farben, läßt sich sowohl die Erscheinung der Farben, als ihre Ordnung am Regenbogen erklären. Es sey A ein Wassertropfen, auf welchen von der Sonne S ein Lichtstrahl fällt, der nach seinem Ausgange aus dem Tropfen in das Auge des Zuschauers kömmt. Dieser Strahl wird bey dem Eingange in den Tropfen in die einfachen Strahlen, daraus er besteht, aufgelöset, und diese werden, durch die nochmalige Brechung beym Ausgange noch mehr von einander gesondert. In der Zeichnung sind von den einfachen Strahlen nur drey vorgestellet, darunter die blauen die am meisten gebrochenen, die rothen die am wenigsten gebrochenen sind. fig. 58.

Die Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes setzet uns auch in den Stand, die Größe jedes Bogens von einer gewissen Farbe anzugeben. Newton hatte die Brechungssinus der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen, beym Uebergange aus Regenwasser in Luft, wie 185 und 182, gegen den Einfallssinus 138 gefunden [d]), und berechnete daraus die Breite des Bogens. Er brachte heraus, daß die Breite des innern Bogens, wenn die Sonne ein physikalischer Punkt wäre, zween Grade betragen, und also, wenn man 30 Min. wegen des scheinbaren Durchmessers der Sonne hinzuthäte, zusammen $2\frac{1}{2}$ Gr. ausmachen würde. Da aber die äußersten Farben, besonders das Violet, sehr matt sind, so wird der Bogen wirklich nicht über zween Grade breit scheinen. Aus gleichen Gründen fand er auch, daß der äußerste Bogen, wenn er allenthalben gleich lebhaft gefärbet wäre, 4 Gr. 20 M. breit seyn müßte. Allein hier muß man noch mehr wegen der Mattigkeit des Lichtes abrechnen, so daß er wirklich nicht über drey Grade breit scheinen wird [e]).

Warum Körper von einer gewissen Farbe scheinen.

Endlich zieht unser Verfasser aus seiner vortrefflichen Theorie folgende Bemerkungen zur Erklärung der Farben natürlicher Körper. Farben entstehen daher, daß einige Körper einige Gattungen von Strahlen heftiger als andere zurückwerfen. So sendet Mennige die am wenigsten brechbaren, oder die rothen, am häufigsten

d) Newton giebt in seiner Optik p. 107 und 142. die Verhältnisse 109 : 81 und 108 : 81 an, welche für den Einfallssinus 138 diese, 185,7 : 138 und 184 : 138 werden. Montucla hat die Zahlen, wie im Texte angegeben, und citiret Newtons lectiones opt. K.

e) Montucla hist. des Mathem. vol. 2. p. 649. (und Newtoni Opt. L. I. P. 2. prop. 9. p. 139. Die daselbst angegebenen Maaßen weichen von den oben stehenden ab. Es wird die Breite des innern Bogens auf 2° 15′, des äußern auf 3° 40′, beyde mit Hinzuthuung eines halben Grades für den Durchmesser der Sonne; der größte Halbmesser des innern Bogens auf 42° 17′, und der kleinste Halbmesser des äußern auf 50° 42′ gesetzet.) K.

zurück, und scheint daher roth. Veilchen werfen die am meisten brechbaren am häufigsten zurück, und überhaupt werfen alle Körper die Strahlen, welche zu ihren eigenen Farben gehören, häufiger als die andern zurück. Stellet man Körper in das gleichartige durch Prismen gesonderte Licht, so wird jeder an demjenigen Lichte, das mit seiner Farbe übereinkömmt, am glänzendsten aussehen. Zinnober sieht in dem rothen Lichte am lebhaftesten aus, im grünen Lichte nicht so sehr, und in dem blauen noch weniger. Indigo glänzet am schönsten im violetblauen Lichte, und lauch im grünen. Damit aber diese Versuche desto stärker in die Augen fallen, muß man Körper von recht hellen Farben nehmen, und auch zween, die verschiedene Farben gegen einander halten.

Ferner muß man wohl Acht geben, daß das Licht, in welches man sie stellet, gehörig abgesondert sey. Denn wenn man die gewöhnlichen prismatischen Farben, Körper zu erleuchten, brauchet, so werden sie weder die Farbe zeigen, die sie bey Tage im Sonnenscheine haben, noch die, welche man durch das Prisma auf sie wirft, sondern eine gewisse mittlere, wie er durch die Erfahrung sich versicherte. So wird Mennige, wenn sie von dem gewöhnlichen Grün in den prismatischen Farben erleuchtet wird, weder roth noch grün, sondern orangenfarbig oder gelb scheinen, oder auch eine zwischen gelb und grün fallende Farbe annehmen, nachdem das grüne Licht, welches man darauf fallen läßt, weniger oder mehr rein ist. Denn weil Mennige in dem weißen Sonnenlichte, worinne alle Gattungen von Strahlen gleich stark zu einander gemischt sind, roth scheint, in dem grünen Lichte die Strahlen aber ungleich gemengt sind, so werden die darinne in größerer Menge befindlichen gelben, grünen und blauen Strahlen, der Mennige eine grünlichte Farbe geben. Weil aber auf der andern Seite die Mennige die gelben Strahlen nach der rothen am häufigsten zurückwirft, so werden diese in dem zurückgeworfenen Lichte verhältnißmäßig häufiger seyn, als in dem auffallenden, und die Mennige wird daher weder grün noch roth aussehen, sondern eine zwischen beyden liegende Farbe annehmen.

Flüßiger Körper Farbe verändert sich mit der Dicke.

Durchsichtige gefärbte Flüßigkeiten pflegen ihre Farben nach der Dicke zu verändern. So scheint in einem kegelförmigen Gefäße eine rothe Flüßigkeit, die man zwischen das Licht und das Auge hält, unten zunächst dem Boden, wo sie dünner ist, blaßgelb; etwas höher, wo sie dicker ist, orangenfarbig; wo sie noch dicker ist, roth, und wo sie am dicksten ist, sehr dunkelroth. Denn man muß sich vorstellen, daß eine solche Flüßigkeit die indigo= und violetfärbigen Strahlen am leichtesten, die blauen und grünen nicht so leicht, die rothen am wenigsten aufhalte. Hieher

Halleys Beobachtung in der Tiefe des Meeres.

gehöret eine Beobachtung, welche Dr. Halley unserm Verfasser erzählete. Da dieser an einem schönen sonnichten Tage sich sehr tief ins Meer in einer Tauchterglocke hinunter gelassen hatte, fand er den obern Theil seiner Hand, worauf die Sonne durchs Wasser schien, rosenfarbicht, und das Wasser unter sich, wie auch den Untertheil seiner Hand grün gefärbet. Hieraus schließt unser Verfasser, das Seewasser werfe die violetnen und blauen Strahlen am häufigsten zurück, und lasse die rothen ganz frey und in großer Menge bis auf eine große Tiefe durch. Denn

auf

auf solche Art muß das gerade auffallende Sonnenlicht in großen Tiefen roth scheinen, und desto stärker, je größer die Tiefe ist. Weil auf große Tiefen herunter die violetnen Strahlen durchzudringen zu schwach sind, so werden die blauen, grünen und gelben Strahlen, welche häufiger als die rothen von unten zurück geworfen werden, die grüne Farbe erzeugen.

Zwey durchsichtige Feuchtigkeiten werden undurchsichtig.

Wenn zwo stark gefärbte Flüßigkeiten, z. E. eine rothe und blaue, von solcher Dicke, daß ihre Farben recht völlig erscheinen, jede für sich durchsichtig sind, so werden sie es doch nicht bleiben, wenn man durch beyde zugleich sieht. Denn gehen bloß die rothen Strahlen durch die eine Flüßigkeit, und bloß die blauen durch die andere, so werden durch beyde zugleich gar keine kommen können. Eine solche Beobachtung machete, wie oben erzählet ist, Dr. Hoocke zufälliger Weise mit zwey gläsernen Prismen, die er mit einer rothen und blauen Flüßigkeit angefüllet hatte, und ward über dieses unerwartete Ereigniß, dessen Ursache er nicht ergründen konnte, sehr erstaunet. Dieses Umstandes wegen verläßt sich unser Verfasser desto mehr auf den Versuch, ungeachtet er ihn nicht selbst wiederholet hat. Doch räth er demjenigen, der ihn nachahmen wollte, an, Flüßigkeiten von recht guter und völliger Farbe zu nehmen.

Körper verschlucken einen Theil des auffallenden Lichtes.

Da nun die Körper eine gewisse Farbe zeigen, weil sie Strahlen von einer gewissen Gattung in größerer Menge als andere durchlassen oder zurückwerfen, so nimmt unser Verfasser an, daß sie die nicht durchgelassenen oder zurückgeworfenen Strahlen aufhalten und gleichsam verschlucken. Sieht man ein Licht durch Blättchengold an, so scheint es grünlichtblau; also läßt dichtes Gold nach unserm Verfasser die blauen Strahlen in sich herein, wirft sie in seinem innern hin und her zurück, bis sie darinne verschlungen und verlohren sind; die gelben Strahlen schicket es zurück, und sieht daher gelb aus.

Warum Körper ihre Farben mit der Lage des Auges verändern.

So ist es auch mit gewissen Flüßigkeiten, als der Tinctur vom nephritischen Holze, und einigen Arten Glas beschaffen, welche gewisse Gattungen von Strahlen in größerer Menge durchlassen, und andere häufiger zurück senden, daß sie daher, nach der Lage des Auges gegen das Licht, verschiedentlich gefärbt scheinen. Wenn man diese Feuchtigkeiten und Gläser so dicke und stark nähme, daß gar kein Licht durchdringen könnte, so würden sie, wie er nicht zweifelt, ob er gleich keinen Versuch darüber gemachet hat, so wie alle andere undurchsichtige Körper, nur einerley Farbe in jeder Stellung des Auges zeigen. Denn alle gefärbte Körper, saget er, sind, so viel er es versuchet habe, im Stande, Licht durchzulassen, wenn sie nur dünne genug sind, so daß alle undurchsichtige Körper gewissermaßen als durchsichtige angesehen werden können, und von durchsichtigen gefärbten Flüßigkeiten sich nur dem Grade der Durchsichtigkeit nach unterscheiden; weil durch eine zu große Dicke auch diese letztern undurchsichtig werden.

Ein durchsichtiger Körper, der bey durchgelassenem Lichte eine gewisse Farbe zeiget, kann auch bey zurückgeworfenem Lichte eben diese Farbe haben, wenn die hintere Fläche, oder die Luft hinter demselben, Licht von solcher Farbe zurücksendet. In diesem Falle, glaubet er, werde man diese Farbe, die von der Zurückwerfung ent-

entsteht, vermindern oder ganz vernichten können, wenn man den Körper sehr dicke machet, und ihn hinten mit Pech überzieht, damit nicht die Hinterfläche sondern die Theile des Körpers selbst, das Licht zurückwerfen mögen. Alsdenn, vermuthet er, werde die Farbe vom zurückgeworfenen Lichte anders als vom durchgelassenen ausfallen f).

Zusatz des Uebersetzers.

Die Newtonianische Theorie des Regenbogens.

Der Regenbogen ist unter so vielen andern ein einleuchtendes Beyspiel, wie wenig man in der eigentlichen Physik ohne die höhere Mathematik fortzukommen im Stande sey. Ich hoffe daher, solchen Lesern, die mit den höhern Rechnungen einigermaßen bekannt sind, einen Gefallen zu thun, wenn ich sie Beweise von Newtons Lehrsätzen vom Regenbogen auf eine sehr kurze Art finden lehre.

1. Es sey z der Einfallswinkel, y der Brechungswinkel. Das Brechungsverhältniß m : n, daß n sin z = m sin y. Ich sage, daß $dy = \frac{n\sqrt{(1 - \sin z^2)}}{\sqrt{(mm - nn \sin z^2)}} dz$. Denn es folget aus jener Gleichung, $n dz \sqrt{(1 - \sin z^2)} = m dy \sqrt{(1 - \sin y^2)}$, und daraus, durch die Substitution des sin z für sin y der Satz.

2. Es sey der Kreis ADEBF der größte Kreis einer Kugel, deren Mittelpunkt C, auf welche in D der Strahl SD falle, welcher nach DE gebrochen, nach EF zurückgeworfen wird, und nach FG ausfährt. Die Strahlen GF, SD verlängert schneiden sich in X, ich sage, daß SXG = 4 CDE — 2 CDX.

Denn man ziehe den Halbmesser CE; dieser wird verlängert auch durch X gehen, und den Winkel X so wie DEF halbiren. Es ist also EXD = CED — EDX = CDE — (CDX — CDE) = 2 CDE — CDX, woraus der Satz folget.

3. Dieser Winkel X ist anfangs null, wenn der Strahl nach dem Durchmesser AB hereinfährt. So wie SD parallel mit AB weiter fortrücket, wird X eine Zeitlang wachsen. Es muß aber darinn ein Stillstand erfolgen, weil die Sinus der Winkel CDE, CDX gleichförmig wachsen, also die Winkel ungleichförmig, und der größere Winkel CDX stärker als der kleinere CDE.

4. Der Winkel GXS ist am größten, wenn $\sin CDX = \frac{\sqrt{(4nn - mm)}}{\sqrt{3nn}}$; denn es sey GXS = x; CDX = z; CDE = y, und das Verhältniß der Brechung m : n. Weil x = 4y — 2z, so ist, wenn x ein Größtes, dx = 0; also 4dy = 2dz. Setzt man hier für dy seinen Werth aus (1) und dividiret die Gleichung mit dz, so bekömmt man durch eine leichte Rechnung die Formel des Satzes.

5. Es

f) Newtoni Optices, L. 2. P. prop. I. 10. p. 148.

5. Es folget hieraus $\cos z = r \frac{mm - nn}{3nn}$, wie es Newton lehret.

6. Wenn für eine gewisse Gattung von Strahlen, z. E. die rothen, der Winkel X ein Größtes ist, so wird für jeden Strahl auf einer Seite von SD auf der andern einer seyn, der mit jenem beym Ausfahren beyder parallel wird. Die zunächst bey SD einfallenden dieser Gattung werden alle fast parallel wieder ausfahren, weil der Winkel X seinem größten Werthe langsam sich sowohl nähert, als davon entfernet. Ein Auge, das in der Linie FG sich befindet, bekömmt demnach diese Strahlen nicht allein parallel, wie von der Sonne selbst, sondern auch in weit größerer Menge, als die Strahlen anderer Gattungen, welche es in dieser Lage zerstreuet, und in geringer Menge bekömmt. Folglich erhält das Auge durch diese Parallelstrahlen die Empfindung der Farbe, welche ihnen eigen ist.

7. Man betrachte erstlich die Sonne wie einen leuchtenden Punkt, so ist der Winkel X der Halbmesser eines Kreises, von einer gewissen Farbe, in Graden nämlich. Denn wenn man durch das Auge G eine Linie nach der Sonne zieht, so ist diese mit SD parallel, und jede Linie wie GF, welche mit derselben den Winkel X, wie er in (4) bestimmet ist, machet, geht nach einem Tropfen, der die Farbe der Strahlen zeiget, für welche das Verhältniß m : n gilt. Diese Tropfen machen also einen Kreisbogen.

8. Wegen des Durchmessers der Sonne wird aus jedem Kreisbogen ein Streif von concentrischen Bogen, die alle einerley Farbe haben. Diese farbichten Streifen von verschiedener Art laufen aber eben so in einander, wie es die Farben des prismatischen Sonnenbildes thun.

9. Der Strahl SD werde in der Kugel zweymal zurückgeworfen, in E und F; und fahre in H nach HU heraus; so ist der Winkel des ausfahrenden mit dem einfallenden, $HUD = 2R + 2\,CDX - 6\,CDE$. Der Beweis ist leicht, weil in dem Vielecke DEFHU die Winkel D, E, F, H, wovon die beyden mittlern, so wie D und H gleich sind, durch CDX und CDE gegeben werden. fig. 59.

10. Der Winkel HUD fängt von 2R an, nimmt also anfangs ab, und weil CDE immer in kleinerm Maaße wächst, als CDX, nimmt er immer weniger ab. Folglich ist hier eine Gränze der Abnahme zu suchen, für welche HUD ein Kleinstes ist.

11. Es ist HUD ein Kleinstes, wenn $\sin CDX = r \frac{9nn - mm}{8nn}$. Denn es sey $CDX = z$; $CDE = y$; $HUD = u$, das Verhältniß der Brechung $m:n$; weil $u = 2R + 2Z - 6y$, so ist, wenn u ein Kleinstes, $du = 0$, und $2dz - 6dy = 0$, hieraus folget vermittelst (1) der Satz.

12. Es ist alsdenn $\cos z = r \frac{mm - nn}{8nn}$, wie Newton lehret.

13. Ein Auge auf der Linie HU bekömmt von den Parallelstrahlen, wie SD, diejenigen, für welche das Verhältniß der Brechung m : n ist, wiederum parallel und in größerer Menge als die übrigen Gattungen. Daher sieht es durch sie auf

der Kugel die Farbe, die ihnen zugehöret. Der Winkel HUD mißt den Halbmesser des Bogens, welchen die Tropfen von dieser Farbe an dem äußern Regenbogen einnehmen, die Sonne für einen Punkt genommen.

14. Zur Berechnung der Winkel X und U wird man wohl thun, z durch den Werth des Cosinus (5. 12) zu suchen. Hieraus ergiebt sich y, und daraus x oder u.

15. Newton giebt noch Formeln für weitere Berechnungen und Zurückwerfungen an, welche nach der obigen Methode sich finden lassen. Man darf nur bemerken, daß der Halbmesser der Kugel mit dem ausfahrenden Strahle immer denselben Winkel CDX machet, und seine Lage gegen AB immer um den Winkel DCE ändert; daraus man also die Lage des Strahles gegen AB, und also auch gegen SD leicht bestimmet.

Vierter Abschnitt.

Von den Farben dünner Körper.

Auf eine so überzeugende Art entwickelte dieser große Mann verschiedene wichtige Eigenschaften des Lichtes und der Farben; bewies, daß jede besondere Farbe von Strahlen mit besondern und bestimmten Graden der Brechbarkeit hervorgebracht wird; und zeigete, daß die natürlichen Körper diese oder jene Farbe haben, nachdem sie diese oder jene Gattung von Strahlen zurückwerfen. Hierauf fährt er weiter fort, auch die Ursachen zu erforschen, warum gewisse Körper eine gewisse Gattung von Strahlen vor den andern zurückzuwerfen geneigt sind, und zeiget sich auch hierbey als einen großen Naturkündiger und Mathematiker, wenn er uns gleich in diesem Stücke nicht so völlig Genüge thut, wie in dem ersten Theile seines Werkes.

Veranlassung dieser Untersuchungen.

Zwo Beobachtungen scheinen ihn zu diesen merkwürdigen Untersuchungen veranlasset zu haben. Dr. Hooke hatte bemerket, daß dünne durchsichtige Körper, besonders Blasen aus Wasser und Seife, nach Maaßgabe ihrer Dicke, verschiedentlich gefärbt scheinen, und, wenn sie ziemlich dicke sind, farbenlos werden. Ferner bemerkete er selbst, wie er zwey Prismen hart an einander drückete, um ihre Seitenflächen, die von ohngefähr ein wenig convex waren, einander berühren zu lassen, daß diese an der Berührungsstelle so vollkommen durchsichtig wurden, als wären beyde nur ein Stück Glas gewesen, denn da das Licht auf die an den andern Stellen zwischen den Prismen befindliche Luft so schief fiel, daß es alles zurückgeworfen ward, so schien es an der Berührungsstelle alles durchzugehen, dergestalt daß diese Stelle, wenn man darauf sah, wie ein dunkler schwarzer Fleck, und wenn man hindurch sah, wie ein Loch erschien, das durch diejenige Luft gieng, welche von dem Zusammendrücken der Prismen zwischen ihren Seitenflächen, wie eine dünne Scheibe lag. Durch dieses Loch konnte man die Gegenstände jenseits der Prismen deutlich erkennen, wiewohl man sie durch die andern Theile derselben, zwischen welchen Luft befindlich war, nicht sehen konnte. Ungeachtet die Glasflächen etwas erhoben waren, war die durchsichtige Stelle ziemlich groß, welches daher zu rühren schien,

schien, daß die Theile des Glases beym Zusammendrücken ein wenig nachgaben. Denn wenn er die Gläser fest zusammendrückete, so ward sie viel größer als vorher.

Wie die Luftscheibe durch die Umdrehung der Prismen um ihre gemeinschaftliche Mittellinie ein ganz weniges gegen die einfallenden Strahlen geneiget ward, so daß einige durchzugehen anfiengen, so entstanden auf derselben eine Menge schmaler gefärbter Bogen, die zuerst die Gestalt einer Muschellinie hatten, wie es in der fig. 60 abgezeichnet ist. Durch die fernere Umdrehung der Prismen nahmen diese Bogen immer mehr zu, und krümmeten sich immer stärker nach den besagten durchsichtigen Flecken, bis sie endlich zu völligen Kreisen oder Ringen um denselben wurden, und sich folgends allmählig zusammenzogen [a]).

fig. 60.

Farbichte Ringe an zwey Objectivgläsern.

Um die Ordnung der Farben, welche, wie er glaubete, von der dünnen Luftscheibe zwischen den Gläsern entstand, mit mehrerer Genauigkeit zu beobachten, nahm er zwey Ojectivgläser, ein planconvexes, das zu einem Fernrohre von 15 Fuß gehörete, und ein großes auf beyden Seiten convexes aus einem Fernrohre von etwa 50 Fuß. Das erstere legete er, mit der ebenen Fläche unterwärts gekehret, auf das letztere, und drückete sie sanfte auf einander, daß dadurch die Farben in der Mitte der Kreise nach der Ordnung entstünden. Auf diese Art war er im Stande, die Ordnung und Beschaffenheit der Farben von dem Mittelflecken an bis auf eine ziemliche Entfernung deutlich wahrzunehmen.

Nächst dem durchsichtigen Flecken in der Mitte, der von dem Zusammendrücken der Gläser entstand, kam blau, darauf weiß, gelb und roth. Des Blauen war so wenig, daß er es in den Kreisen, die an den Prismen waren, nicht hatte erkennen können; auch konnte er kein Violet daran gewahr werden; dagegen war des Gelben und Rothen ziemlich viel da, und schien eben so viel Raum als das weiße, und vier- bis fünfmal mehr als das Blaue einzunehmen. Die nächstfolgende Reihe von Farben bestand aus violet, blau, grün, gelb und roth, und diese waren alle völlig und lebhaft, ausgenommen das Grüne, das nur in kleiner Menge und dabey blasser und matter als die übrigen Farben war. Von den andern vier Farben nahm Violet den kleinsten Raum, und Blau weniger als Gelb oder Roth ein. Die dritte Reihe von Farben waren purpur, blau, grün, gelb und roth. Hier schien der Purpur röthlicher als das Violet in der vorhergehenden Reihe, und das Grüne war viel besser zu erkennen, weil es, das Gelbe ausgenommen, allen andern Farben an Heligkeit und Stärke gleich kam. Aber das Rothe hatte sich etwas verfärbet, und näherte sich dem Purpur beträchtlich. Die vierte Reihe enthielt grün und roth, davon das erstere stark und lebhaft war, und auf der einen Seite ins Blaue, auf der andern ins Gelbe fiel. Allein in dieser Reihe war kein Violet, Blau oder Gelb, und das Rothe war sehr unvollkommen und schmutzig. Die übrigen Farben wurden immer unscheinbarer und blasser, bis daß sie nach drey oder vier Reihen sich ins Weiße verlohren.

a) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 1. 2. p. 161.

Dicke der farbichten Luftscheibchen.

Die Entfernungen zwischen den Gläsern, oder die Dicke der Luftscheibe, welche er für die Ursache der Farben ansah, zu erfahren, maaß er die Durchmesser der ersten sechs Ringe, an den Stellen, wo sie am hellesten waren, und fand, daß die Quadrate derselben sich wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, verhielten. Da nun eines der Gläser eben, das andere kugelrund war, so mußten die Entfernungen derselben an den Stellen, wo die Ringe erschienen, eben diese arithmetische Reihe ausmachen. Er maaß auch die Durchmesser der schwarzen oder dunklern Ringe, die zwischen den hellern lagen, und fand, daß ihre Quadrate die Fortschreitung der geraden Zahlen 2, 4, 6, 8, 10, 12 beobachteten. Diese Messungen, die wegen ihrer Feinheit sehr mißlich waren, wiederholete er mehrmals und an verschiedenen Stellen der Gläser [b]).

Darauf maaß er, mit der ihm gewöhnlichen Vorsicht und Genauigkeit, die Dicke der Luftscheibe, und fand sie an dem ersten dunkeln Ringe, an dem dunkelsten Theile desselben, für senkrecht auffallende Strahlen, in der nächsten runden Zahl, $\frac{1}{89000}$ eines Zolles groß. Die Hälfte dieses Bruches multipliciret in die Glieder der arithmetischen Progreßion 1, 3, 5, 7, 9, 11 ꝛc. giebt die Dicke der Luft an allen den Ringen, an der Stelle, wo sie am hellesten sind, und die arithmetischen Mittelzahlen derselben werden die Dicken an den dunkelsten Theilen der dunkeln Ringe [c]).

Farbichte Ringe beym Durchsehen.

Beym Durchsehen durch die beyden sich berührenden Objectivgläser fand er, daß die dazwischen liegende Luft vermittelst des durchgehenden Lichtes eben sowohl wie vermittelst des zurückgeworfenen farbichte Ringe darstellete. Der Flecken in der Mitte war nun weiß, und die Farben waren von da an nach der Ordnung folgende: gelblichroth; schwarz; violet, blau, weiß, gelb, roth; violet, blau, grün, gelb, roth, u. s. w. Aber diese Farben waren sehr matt und blaß; nur, wenn das Licht sehr schief durch die Gläser gieng, wurden sie helle und lebhaft. Doch blieb das erste gelbliche Roth, wie das Blaue in dem obigen Versuche, so wenig und matt, daß man es kaum erkennen konnte. Da er diese farbichten Ringe bey durchgehendem Lichte mit denen, welche vom zurückgeworfenen entstanden, verglich, so fand er, daß das Weiße dem Schwarzen, das Rothe dem Blauen, das Gelbe dem Violet, und das Grüne einer Mischung aus Roth und Violet gegen über lag.

fig. 61.

Dieses erkläret die fig. 61, worinne AB, CD die sich in E berührenden Flächen der Gläser, und die dazwischen gezogenen Linien ihre Entfernungen darstellen, welche in arithmetischer Fortschreitung stehen. Die oben gesetzten Farben sieht man bey zurückgeworfenem, die darunter gesetzten bey durchgehendem Lichte [d]).

Diese

b) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 4. 5. p. 165.

c) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 6. p. 167. N. fand den Durchmesser des sechsten Ringes an der hellesten Stelle 0,55 eines Zolles groß. Das auf beyden Seiten erhabene Glas gehörete zu einer Kugel von 102 Fuß im Durchmesser. Bey einem Converglase, das zu einer Kugel von 15 F. 2. Zoll im Duchmesser gehörete, fand er den Halbmesser des fünften Ringes nur $\frac{8}{79}$ eines Zolles groß. K.

d) Newtoni Optices L. II. P. I. obs. 9. p. 172.

Veränderung des Versuches mit Wasser.

Diese beschriebenen Farben entstanden, nach Newtons Meynung, von einer dünnen zwischen den Gläsern befindlichen Scheibe Luft. Wie er Wasser dazwischen brachte, und die Ringe nun maaß, fand er das Verhältniß ihrer Durchmesser und der Durchmesser der ähnlichen Kreise, welche sich vermittelst der Luft gezeiget hatten, ohngefähr wie 7 zu 8; daß also die Entfernungen der Gläser an den ähnlichen Kreisen bey Wasser und bey Luft sich fast wie 3 zu 4 verhielten. Daraus schließt unser Verfasser, daß, wenn ein anderes dichteres oder dünneres Mittel als Wasser zwischen den Gläsern zusammengedrücket wird, das Verhältniß der Entfernungen der Gläser von einander an ähnlichen Ringen bey diesem Mittel und bey Luft dem Brechungsverhältnisse aus diesem Mittel in Luft gleich seyn werde, er giebt dieses aber nur als eine vermuthliche Regel an [e]).

Eine merkwürdige Erscheinung zeigete sich unserm Verfasser, wie er die vom Wasser zwischen den Gläsern verursachten Farben untersuchete. Wenn er das obere Glas an seinem Rande hin und wieder andrückte, damit dadurch die Farben sich geschwinde hin und her bewegen möchten, so folgete dem Mittelpunkte derselben sogleich ein kleiner weißer Flecken nach, der, sobald das da herum befindliche Wasser diese Stelle erreichete, verschwand. Luft war es nicht, ob es gleich viel ähnliches damit hatte. Denn die kleinen Luftblasen, wenn dergleichen im Wasser waren, verschwanden nicht sogleich, wenn das Wasser heranstieg. Er glaubet deswegen, daß diese Zurücksendung des Lichtes durch ein sehr dünnes Mittel, welches dem herantretenden Wasser durch die Gläser hin ausgewichen wäre, verursachet sey [f]). Aber wahrscheinlich war dieser weiße Flecken nichts als ein leerer Raum, und gar kein Fluidum.

Farbichte Ringe durch ungewisses Licht.

Die farbichten Ringe noch besser zu beobachten, verdunkelte unser Naturforscher sein Zimmer, und betrachtete sie vermittelst des farbichten, durch ein Prisma auf einen Bogen weißes Papier geworfenen Lichtes, dabey er sich so stellete, daß er das Papier mit seinen Farben, durch die Zurückstrahlung auf den Gläsern, wie in einem Spiegel, erblickete. Solchergestalt wurden die Ringe weit deutlicher, und in weit größerer Anzahl sichtbar als in freyer Luft. Er zählete bisweilen mehr als zwanzig solcher Ringe, da er sonst nicht über achte oder neune erkennen konnte [g]).

Er ließ durch einen Gehülfen das Prisma um seine Axe drehen, daß die Farben eine nach der andern auf diejenige Stelle des Papieres fielen, welche er in den Gläsern sah, und fand, daß die Kreise, welche durch rothes Licht entstanden, augenscheinlich größer, als die durch blaues und violetnes hervorgebrachten waren. Mit großem Vergnügen sah er sie allmählig sich erweitern oder zusammenziehen, so wie die Farbe des Lichtes verändert ward. Die Zwischenweiten der Gläser an jedem Ringe, der durch das äußerste rothe Licht entstand, verhielten sich zu den Zwischenweiten an eben demselben bey dem äußersten violetnen, nach den meisten Beobachtungen wie 14 zu 9 [h]). Aus seinen fernern Versuchen schließt er, daß die Dicken der Luft zwischen den Glä-

Musikalisches Verhältniß der

e) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 10. p. 173.

f) ibid. L. II. P. I. obs. 11. p. 173.

g) ibid. L. II. P. I. obs. 12. p. 174.

h) ibid. L. II. P. I. obs. 13. p. 174.

Ringe von verschiedenen Strahlen.

sern an der Stelle, wo die Gränzen der sieben Farben, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violet, nach der Reihe Ringe machen, sich verhalten wie die Cubicwurzeln aus den Quadraten der acht Längen einer Seite, welche in der Octave die Töne, c, d, dis, f, g, a, b, c, angeben, das ist, wie die Cubicwurzeln aus den Quadraten der Zahlen, $1, \frac{8}{9}, \frac{5}{6}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{9}{16}, \frac{1}{2}$ [i]).

Wichtiger Versuch mit diesen Ringen.

Diese Ringe hatten keine verschiedene Farben, wie die im freyen Lichte, sondern bloß diejenige, welche von dem Prisma her auf sie fiel. Wie er das Licht von dem Prisma unmittelbar auf die Gläser fallen ließ, fand er, daß das Licht, welches auf die schwarzen Zwischenräume zwischen den gefärbten Ringen traf, durch die Gläser ohne irgend eine Veränderung seiner Farbe durchgieng. Denn auf einem hinter den Gläsern angebrachten weißen Papiere malete dieses Licht Ringe von einerley Farbe, mit denen, die man mittelst des zurückgeworfenen Lichtes sahe, und so groß wie die Zwischenräume dieser letztern. Hieraus, saget unser Verfasser, erhellet ganz deutlich, was die Ursache der Ringe sey; dieses nämlich, daß die zwischen den Gläsern befindliche Luft, nach Maaßgabe ihrer Dicke, das Licht einer jeden Farbe an einigen Stellen zurücksendet, an andern durchgehen läßt, und daß sie an derselben Stelle, wo sie Licht von einer gewissen Farbe durchläßt, Licht von einer andern zurücksendet [k]).

Newtons Beobachtungen an Seifenblasen.

Alle diese Beobachtungen waren an einem dünnern Mittel, das von einem dichtern umgeben war, angestellet. Hierauf geht er aber zu den Erscheinungen der Farben über, welche an einem dichtern zwischen einem dünnern eingeschlossenen Mittel sich zeigen, wie an den Blättern des Rußischen Glases, Wasserblasen rc. Er fand, daß die unter solchen Umständen entstehenden Farben viel lebhafter waren, als die, welche durch ein dünneres Mittel zwischen einem dichtern hervorgebracht werden [l]). Seifenblasen hatten vermuthlich lange schon Kindern zur Belustigung gedienet, ehe Boyle und Hooke sie ihrer Aufmerksamkeit würdigten. Nunmehr aber wurden sie unter den Händen eines noch größern Naturforschers, der sie so vortrefflich zu nutzen wußte, eine Sache von großer Wichtigkeit.

Nachdem Newton alle besondern Umstände bey der Erscheinung dieser Farben erzählet [m]), bemerket er, daß sie mit den oben beschriebenen, welche von der Luft zwischen den Gläsern entstehen, eine große Aehnlichkeit haben. Die Farbenringe an der Seifenblase wurden auch desto breiter, wenn er sie schief ansah, aber nicht so sehr, wie es die Farbenringe an den Gläsern gethan hatten. Eben so, führet er an, habe er auch bisweilen bemerket, daß die Farben am polirten Stahle, wenn er geglühet wird, oder an Glockenspeise und andern Metallen, wenn sie geschmolzen sind, und auf die Erde, um zu erkalten, gegossen werden, sich etwas verändern, nachdem man sie mehr oder weniger schief ansieht, wiewohl weit weniger als die Farben eines Wasserhäutchens [n]).

Damit

i) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 14. p. 175.

k) ibid. L. II. P. I. obs. 15. p. 177.

l) ibid. L. II. P. I. obs. 22. p. 186.

m) ibid. L. II. P. I. obs. 17. 18. p. 178.

n) ibid. L. II. P. I. obs. 19. p. 184.

Damit man nicht denken möchte, es könnten diese Farben von etwas anders als von der Dicke der dünnen Scheibe herrühren, so benetzete er unter andern auch ein sehr dünnes Blättchen Russischen Glases mit Wasser, fand aber, daß die Farben nur matter und schwächer wurden. Die Art blieb einerley o).

Helligkeit der Ringe.

Bey der Vergleichung der Menge des Lichtes, welches die verschiedenen Ringe zurücksenden, fand er die innern Ringe am hellsten, die äußern aber einen nach dem andern allmählig schwächer am Lichte. Auch war die Weiße des erstern Ringes glänzender als die Weiße des dünnern Mittels außerhalb der Ringe p).

Das Prisma zeiget sehr viel Ringe.

Wenn er die Farbenringe an den Gläsern durch ein Prisma betrachtete, so konnte er derselben bis vierzig erkennen, da er mit bloßem Auge nicht über acht oder neun unterscheiden konnte q).

Erinnerung.

Als ich mit Hrn. Michell mich über den Inhalt dieses Abschnittes unterredete, fiel es ihm sogleich bey, daß weil eine Menge unten anzuführender Bemerkungen es hinlänglich beweisen, die Farbenringe hangen nicht von der Luftscheibe ab, die Wirkung des zwischen die Gläser gebrachten Wassers nur darinne bestehen möge, daß es die Gläser von einander hebt, dadurch die Ringe von selbst kleiner werden. Etwas ähnliches, führete er mir an, zeige sich an manchen Körpern, wenn man Wasser in sie hineinbringt, als an Thon, der von der Feuchtigkeit immer anschwillt. Seilen geht es eben so, wenn sie benetzet werden. Die Kraft, welche diese Körper solchergestalt ausdehnet, ist fast unbegreiflich, dagegen die Theile des Glases einem leichten Drucke nachgeben.

Fünfter Abschnitt.

Anwendung der vorhergehenden Beobachtungen auf die Erklärung der Farben natürlicher Körper.

So neu und auffallend die in dem vorigen Abschnitte erzählten Beobachtungen von den Farben dünner durchsichtiger Scheiben auch sind, so begnügete sich unser Verfasser doch nicht damit, sie so genau untersuchet zu haben, sondern bemühete sich, seine Erfahrungen zur Erklärung der Farben natürlicher Körper anzuwenden. Zu dem Ende trägt er erstlich eine sinnreiche mathematische Verzeichnung vor, durch die man im Stande ist, die prismatischen Farben, welche jeden der oben beschriebenen Ringe bilden, geschwind und richtig anzugeben. Es ergiebt sich aus derselben, daß die Farben zunächst den Centralflecken, welche von dem dünnsten Theile der Luftscheibe

Zerfällung der Farben der Ringe in die prismatischen.

o) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 21. p. 185.

p) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 23. p. 186. Dr. Jurin glaubet, daß Newton sich, was den lichthellen Ring betrifft, geirret, und ihn für breiter, als er wirklich war, gehalten habe, weil er gleich an dem schwarzen Flecken lag, wovon die Ursache schon oben beyläufig angeführet und unten noch umständlicher wird erkläret werden. Jurins Versuch vom deutlichen und undeutlichem Sehen, p. 171. (Kästners Lehrbegriff der Optik S. 514.)

q) Newtoni Optices, L. II. P. I. obs. 24. p. 186.

scheibe hervorgebracht werden, die einfachsten, und daß die übrigen mit mancherley andern Farben versetzet sind, bis sie sich zuletzt ins Weiße verlieren [a]).

Tafel der Dicke farbichter Blättchen.

Aus den Gründen, woraus diese Verzeichnung hergeleitet ist, berechnete er folgende nützliche Tafel, worinne die Dicken der Luft, des Wassers und des Glases, in welcher die Farben jeder Reihe am hellsten und reinsten erscheinen, in Milliontheilchen eines Zolles angegeben sind [b]).

Dicke der farbichten Blättchen und Theilchen von

		Luft	Wasser	Glas
Farben der ersten Reihe	Sehr schwarz	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{31}$
	Schwarz	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{20}{31}$
	Schwärzlich	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{7}$
	Blau	$2\frac{2}{5}$	$1\frac{4}{5}$	$1\frac{11}{20}$
	Weiß	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{2}{5}$
	Gelb	$7\frac{1}{9}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{3}{5}$
	Orange	8	6	$5\frac{1}{6}$
	Roth	9	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{4}{5}$
der zwoten Reihe	Violet	$11\frac{1}{6}$	$8\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{5}$
	Indigo	$12\frac{5}{6}$	$9\frac{5}{8}$	$8\frac{2}{11}$
	Blau	14	$10\frac{1}{2}$	9
	Grün	$15\frac{1}{8}$	$11\frac{1}{3}$	$9\frac{5}{7}$
	Gelb	$16\frac{2}{7}$	$12\frac{1}{5}$	$10\frac{2}{5}$
	Orange	$17\frac{2}{9}$	13	$11\frac{1}{5}$
	Hellroth	$18\frac{1}{3}$	$13\frac{3}{4}$	$11\frac{5}{6}$
	Scharlach	$19\frac{2}{3}$	$14\frac{3}{4}$	$12\frac{2}{3}$
der dritten Ordnung	Purpur	21	$15\frac{3}{4}$	$13\frac{11}{20}$
	Indigo	$22\frac{1}{10}$	$16\frac{4}{7}$	$14\frac{1}{4}$
	Blau	$23\frac{2}{5}$	$17\frac{11}{20}$	$15\frac{1}{10}$
	Grün	$25\frac{1}{5}$	$18\frac{9}{10}$	$16\frac{1}{4}$
	Gelb	$27\frac{1}{7}$	$20\frac{1}{3}$	$17\frac{1}{2}$
	Roth	29	$21\frac{3}{4}$	$18\frac{5}{7}$
	Bläulicht roth	32	24	$20\frac{2}{3}$
der vierten Ordnung	Bläulicht grün	34	$25\frac{1}{2}$	22
	Grün	$35\frac{2}{7}$	$26\frac{1}{2}$	$22\frac{3}{4}$
	Gelblich grün	36	27	$23\frac{2}{9}$
	Roth	$40\frac{1}{3}$	$30\frac{1}{4}$	26

der

a) Newtoni Optices, L. II. P. 2. p. 189.

b) ibid. L. II. P. 2. p. 195. (Newton setzet hierbey nach der oben angeführten muthmaßlichen Regel voraus, daß für dieselbe Farbe die Dicke der Wasserscheibe $\frac{3}{4}$ von der Dicke der Luftscheibe, und die Dicke der Glasscheibe $\frac{20}{31}$ der letztern sey. K.)

		Luft	Wasser	Glas
der fünften Ordnung.	Grünlicht blau	46	$34\frac{1}{2}$	$29\frac{2}{3}$
	Roth	$52\frac{1}{2}$	$39\frac{3}{8}$	34
der sechsten Ordnung	Grünlicht blau	$58\frac{3}{4}$	44	38
	Roth	65	$48\frac{3}{4}$	42
der siebenten Ordnung	Grünlicht blau	71	$53\frac{1}{4}$	$45\frac{4}{5}$
	Röthlich weiß	77	$57\frac{3}{4}$	$49\frac{2}{3}$

Mit Hülfe dieser Tafel, saget unser Verfasser, könne man die Dicke der Theile der natürlichen Körper aus ihren Farben errathen; auch lasse sich, wenn man zwey oder mehr dünne Blättchen auf einander lege, so daß sie zusammen ein einziges Blättchen, so dick wie alle zusammen ausmachen, die daraus entspringende Farbe angeben. Z. E. Dr. Hooke hat in seiner Micrographia angeführet, daß ein blaßgelbes Scheibchen rußischen Glases auf ein blaues geleget, eine sehr völlige Purpurfarbe hervorbrachte. Nun ist das Gelbe der ersten Reihe ein blasses, und die Dicke des Scheibchens, an welcher es entsteht, ist nach der Tafel $4\frac{3}{5}$; dazu addire man 9, die Dicke für die blaue Farbe der zwoten Reihe, so hat man $13\frac{3}{5}$, sehr nahe an die für das Purpur der dritten Reihe in der Tafel angegebene Dicke [c]).

Ferner giebt unser Verfasser eine sinnreiche Erklärung verschiedener Umstände bey seinen Beobachtungen der Farbenringe, welche anzuführen für diese Geschichte zu weitläuftig seyn würde. Man findet sie in dem zweeten Theile des zweyten Buches seiner Optik am Ende.

In dem folgenden dritten Theile geht er zu der Anwendung auf die Farben der natürlichen Körper. Von seinen mancherley Anmerkungen über diese Sache will ich die vornehmsten mit ihren Beweisen hier beybringen.

Die stärkste Brechung ist mit der stärksten Zurückwerfung verknüpfet.

Diejenigen Oberflächen durchsichtiger Körper werfen das meiste Licht zurück, welche die stärkste brechende Kraft besitzen. An der Gränze von Luft und Steinsalze ist die Zurückwerfung stärker, als an der Gränze von Luft und Wasser, noch stärker an der Gränze zwischen Luft und gemeinem Glase oder Krystall, und noch stärker an der Gränze zwischen Luft und Diamant. Bringt man solche durchsichtige feste Körper in Wasser, so wird ihre Zurückstrahlung viel schwächer als zuvor, und wird noch mehr vermindert, wenn man sie in noch stärker brechende Flüßigkeiten bringt. Theilet man Wasser in Gedanken durch eine Fläche in zween Theile, so wird an der Gränze derselben gar keine Zurückstrahlung vorgehen. Darum kann auch an der gemeinschaftlichen Fläche zweyer Gläser von einerley Dichte keine merkliche Zurückstrahlung statt haben, wie es sich an dem obigen Versuche mit zwey Objectivgläsern zeigete. Daß also alle gleichförmige durchsichtige Körper keine merkliche Zurückstrahlung als an ihren Oberflächen, wo sie an Mittel von einer andern Dichte stoßen, wahrnehmen lassen, davon ist die Ursache, daß ihre einander berührende Theile genau von einerley Dichte sind [d]).

c) Newtoni Optices, p. 196.

d) ibid. L. II. P. 3. prop. 1. p. 208.

Durchsichtigkeit der kleinsten Theilchen der Körper.

Fast aller natürlichen Körper kleinste Theile sind gewissermaßen durchsichtig; und die Undurchsichtigkeit dieser Körper rühret von den vielen Zurückstrahlungen in ihrem Innern her. Dieses, saget er, ist schon von andern bemerket, und wird von einem jeden, der mit Vergrößerungsgläsern umgeht, leicht eingestanden werden. Man bringe irgend einen Körper, der nur hinlänglich dünne ist, in einem verfinsterten Zimmer vor eine Oeffnung, durch welche etwas Licht hereinfällt, so wird er merklich durchsichtig erscheinen, so undurchsichtig er auch in freyer Luft schien. Nur muß man weiße metallene Körper ausnehmen, als welche wegen ihrer großen Dichte fast alles Licht von ihrer ersten Fläche zurückzusenden scheinen; oder man muß sie durch die Auflösung in sehr kleine Theilchen zerfällen, da sie denn alle durchsichtig werden [e]. Man wird unten aus Bouguers Versuchen sehen, daß selbst polirte metallene Körper nicht mehr als etwa die Hälfte des auffallenden Lichtes zurücksenden.

Größe der Theilchen, um gefärbt zu seyn.

Die Theile und Zwischenräume der Körper müssen nicht unter einer gewissen Größe seyn, wenn diese undurchsichtig und gefärbet seyn sollen. Denn auch die undurchsichtigsten Körper werden in sehr kleinen Stücken durchsichtig. So zeigete sich an den zwey Objectivgläsern, auch da, wo ihre Flächen einander nur sehr nahe waren, ohne sich zu berühren, keine merkliche Zurückstrahlung; und oben an der Wasserblase, wo sie am dünnesten ist, erschienen aus Mangel am zurückgeworfenen Lichte schwarze Flecken. In diesem Umstande suchet er den Grund, daß Wasser, Salz, Glas, Steine u. d. g. durchsichtig sind. Denn aus vielerley Ursachen scheinen sie zwar so voll Zwischenräume als andere Körper zu seyn; aber diese Zwischenräumchen und ihre Theilchen sind zu klein, als daß sie Zurückstrahlungen verursachen könnten [f].

Die Farbe hängt von der Dicke ab.

Aus den vorher beschriebenen Erscheinungen an den dünnen Scheibchen folget ganz leichte, daß die durchsichtigen Theile der Körper, nach Maßgabe ihrer Dicke, die Strahlen von einer Gattung zurücksenden, und von einer andern durchlassen, auf eben die Art, wie es die Luftscheibchens oder das Häutchen einer Wasserblase thaten. Hieraus erkläret er den Grund der Farben aller Körper. In der Erläuterung dieses Satzes führet er unter andern an, daß die Dünste in der Luft, wenn sie erst aufsteigen, der Luft ihre Durchsichtigkeit nicht benehmen; daß sie aber, wenn sie, um Regentropfen zu bilden, sich an einander hängen und Kügelchen von allerley Größe machen, alsdenn aus diesen Kügelchen, sobald sie die erforderliche Größe haben, einige Strahlen zurückzuwerfen und andere durchzulassen, Wolken mit allerhand Farben, nach Beschaffenheit der Größe der Kügelchen, entstehen können. Es lasse sich, saget er, in einer so durchsichtigen Materie, wie Wasser ist, nichts angeben, das diese Farben wahrscheinlicher Weise verursachen könnte, als blos die Verschiedenheit der Größe der flüßigen und kegelförmigen Theilchen desselben [g]. Doch werden wir in der Folge sehr richtige Einwendungen gegen diese Erklärung

e) Newtoni Optic. L. II. P. 3. prop. 2. p. 210.

f) Ibid. prop. 4. p. 212.

g) Newtoni Optices L. II. P. III. prop. 5. p. 213. (Aus den Newtonischen Grundsätzen hat auch Mitchel die Farben der Menschen in den verschiedenen Weltgegenden erkläret, in den Philos. trans. nr. 474, und Hamburg. Magazin I B. 3 St. Als die ersten Ursachen der Farbe der Schwarzen giebt er die Undurchsichtigkeit ihrer Haut an, die von

klärung, in Absicht auf die Morgen- und Abendwolken, von dem Herrn Melville gemachet finden.

Bestimmung der Größe der Theilchen aus den Farben.

Eine der auffallendsten und zugleich deutlichsten Folgerungen aus den Erscheinungen an dünnen Scheibchen ist, daß man aus den Farben der Körper die Größe ihrer Bestandtheile schließen kann. Denn weil diese Theilchen höchst wahrscheinlich einerley Farbe mit einem Scheibchen, von gleicher Dicke wie sie, haben, woferne nur ihre Dichte zur Brechung einerley ist; weil auch ihre Dichte vermuthlich mit der Dichte des Wassers oder des Glases übereinkömmt, so wird man aus der vorher eingerückten Tafel auch die Größen der Bestandtheile anderer Körper als Glas und Wasser, die eine gewisse Farbe darstellen, bestimmen können. Wenn man, z. B. wissen wollte, wie groß der Durchmesser eines Theilchens von einem Körper wäre, das, bey einer Dichte, wie sie Glas hat, ein Grün von der dritten Reihe oder Ordnung zurückwirft, so zeiget die Zahl $16\frac{1}{4}$ aus der Tafel an, daß die Dicke des Theilchens so viel Milliontheilchen eines Zolles sey.

Die ganze Schwierigkeit, wie der Verfasser selbst eingesteht, ist hiebey, zu bestimmen, zu welcher Ordnung die Farbe eines Körpers gehöre, das ist, mit welcher unter den Farben derselben Gattung, die von dem Flecken in der Mitte der Objectivgläser verschiedentlich entfernet sind, sie übereinkomme. Man muß dieses entweder aus der Gegeneinanderhaltung beurtheilen, oder sich an die umständliche Anweisung unsers Verfassers [h]) halten, welche ich so, wie seine Anwendung zur Erklärung der Farben einiger einzelner Körper, der Kürze wegen vorbey lassen muß. Diese Untersuchungen, saget er, habe er darum so umständlich vorgenommen, weil es nicht unmöglich sey, daß die Mikroskope zu einem solchen Grade von Vollkommenheit gebracht werden könnten, daß man dadurch diejenigen Theilchen der Körper, wovon ihre Farbe abhängt, zu erkennen im Stande wäre. Weiter werde unser Auge wohl nicht dringen können, weil es wegen der Durchsichtigkeit dieser Theilchen unmöglich seyn müsse, die geheimern und edlern Arbeiten der Natur innerhalb derselben zu erblicken.

Die Zurückstrahlung ist kein Anstoßen.

Die Zurückstrahlung des Lichtes rühret nach Newton nicht von dem Anstoße des Lichtes auf undurchdringbare Theile des Körpers her, wie man es sich sonst vorzustellen pflegete [i]). Seine vornehmsten Gründe sind

1. Wenn das Licht aus Glas in Luft geht, so wird es so stark zurückgeworfen, als wenn es aus Luft ins Glas geht, oder noch gar etwas stärker; vielmal aber stärker, als wenn es aus Glas ins Wasser geht. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß Luft mehr zurückwerfende Theile als Glas und Wasser haben sollte. Wollte man dieß auch annehmen, so hälfe es nichts. Denn die Zurückwerfung ist eben so stark oder noch stärker, wenn man die Luft von der Hinterfläche des Glases wegbringt.

 2. Wenn

von derselben Dicke und Dichtigkeit herrühret, und das Licht von den darunter liegenden weißen und rothen Theilen nicht durchläßt; das größere Vermögen die Strahlen zu brechen, wodurch sie verschluckt werden; und die Kleinigkeit der Hauttheilchen, vermöge der sie kein Licht zurückwerfen können.) K.

h) Newtoni Optices, L. II. P. 3. prop. 7 p. 217.

i) Ibid. L. II. P. 3 prop. 8. p. 224.

2. Wenn man die Farben, welche durch ein Prisma in einem verfinsterten Zimmer von einander gesondert sind, nach und nach auf ein zweytes Prisma, in ziemlicher Entfernung von dem ersten, und alle unter denselben Neigungswinkeln gegen dasselbe fallen läßt, so kann man dieses zweyte Prisma gegen die einfallenden Strahlen dergestalt stellen, daß die blauen alle zurück, und die rothen meist durchgehen. Würde nun die Zurückstrahlung von den Theilchen der Luft oder des Glases verursachet, so fraget unser Verfasser, warum bey einerley Neigung die blauen Strahlen alle auf Theilchen treffen, die sie zurücksenden, und die rothen Durchgänge genug finden.

3. Wenn die Strahlen deswegen zurück giengen, weil sie auf die Theilchen der Körper stoßen, so könnten dünne Scheiben oder Blasen, nicht an einer und derselben Stelle Strahlen von einer Farbe zurückwerfen, und die von einer andern durchlassen, wie sie es doch thun. Denn es ist unbegreiflich, wie es sich fügen könne, daß an einer Stelle gewisse Strahlen, als die blauen, auf die festen Theilchen des Körpers stoßen, und die rothen Durchwege finden; hingegen an einer andern Stelle, wo der Körper etwas dünner oder dicker ist, die blauen Strahlen auf die Zwischenräumchen, die rothen auf die Theilchen selbst treffen.

4. Endlich könnte die Zurückwerfung von polirten Körpern nicht so ordentlich seyn, als sie ist, wenn sie von dem Anstoßen auf die dichten Theile herrührete. Denn wenn man Glas mit Sand, Schmergel oder Tripel poliret, so muß man sich nicht einbilden, daß durch das Reiben mit diesen Sachen die kleinsten Theile desselben alle so glatt werden, daß sie alle mit einander eine vollkommene Ebene oder vollkommene Kugelfläche ausmacheten. Durch die feinste Politur werden dem Glase nur die Ungleichheiten und Risse so weit benommen, daß sie nicht ins Auge fallen. Würde also das Licht wegen des Anstoßens an die dichten Theile des Glases zurückgeworfen, so müßte es von einem noch so sehr polirten Glase eben so unordentlich zerstreuet werden, wie von einem ungeschliffenen. Es bleibt also noch die Frage, wie polirtes Glas das Licht so ordentlich zurückwerfen könne, als es wirklich thut; und sie läßt sich schwerlich anders beantworten, als daß man annimmt, die Zurückstrahlung werde nicht von einem einzigen Punkte des zurückwerfenden Körpers, sondern von einer gewissen, über der ganzen Oberfläche desselben verbreiteten **Kraft** verursachet, durch welche er auf den Strahl, ohne ihn unmittelbar zu berühren, wirket. Daß aber die Theile der Körper auf das Licht in einiger Entfernung wirken, wird aus unsers Verfassers Versuchen von der Beugung des Lichtes erhellen.

Die anstoßenden Strahlen gehen verlohren.

Zum Schlusse bemerket er, daß, wenn die Zurückwerfung des Lichtes nicht von dem Anstoßen auf die dichten Theile des Körpers, sondern von einer andern Ursache entsteht, alsdenn vermuthlich alle Strahlen, welche auf die dichten Theile stoßen, nicht zurück geworfen, sondern ersticket werden und verlohren gehen. Sonst müßte man, saget er, zwoerley Arten der Zurückwerfung annehmen. Denn würden alle Strahlen, die auf die innern Theile durchsichtiges Wassers oder Krystalles treffen, zurückgeworfen, so müßten diese Körper nicht hell und durchsichtig, sondern trübe und dunkel scheinen. Ferner, wenn Körper schwarz aussehen sollen, müssen

müssen sehr viele Strahlen von ihnen aufgefangen, verschlucket werden, und in ihrem Innern sich verlieren; da es doch nicht wahrscheinlich ist, daß Strahlen anders als durch den Anstoß gegen den dichten Theil verloren gehen und verschlucket werden können. Hieraus, fähret er fort, kann man schließen, daß die Körper weit lockerer sind, und mehr Zwischenräumchen haben, als man gewöhnlich sich vorstellet. Wasser ist 19mal leichter, und also so vielmal lockerer als Gold. Daß aber dennoch Gold viele Zwischenräume habe, schließt er aus verschiedenen Umständen, wiewohl der Grund, daß es die magnetischen Ausflüsse ohne Hinderniß durchläßt, noch zweifelhaft bleibt. Denn es ist noch nicht ausgemachet, ob solche Ausflüsse wirklich vorhanden sind, und wenn sie es auch sind, ob sie nicht, wie die elektrischen, ohne durch das Glas zu gehen, dennoch durch dasselbe hindurch wirken können. Daß das Licht durch das Anstoßen auf dichte Theilchen des Körpers verloren gehen oder verschlucket werden sollte, giebt **Bouguer** nicht zu, wie unten vorkommen wird.

Brechung und Zurückwerfung, Wirkungen derselben Kraft.

Newton ist der erste, welcher die Brechung und Zurückwerfung aus einerley Ursache erkläret hat. Er saget, es ist eine und dieselbe, nur unter verschiedenen Umständen sich verschiedentlich äußernde Kraft, durch welche die Körper das Licht brechen oder zurück werfen. Seine Gründe sind folgende. **Erstlich**, wenn Licht aus Glas in Luft mit der größten möglichen Schiefe geht, und die Schiefe des Einfallens wird noch ein wenig größer, so wird alles Licht zurück geworfen, indem die Kraft des Glases, nachdem sie das Licht so schief als möglich gebrochen, wenn es noch schiefer auffällt, zu stark wird, als daß noch Strahlen durchgehen könnten, daher alsdenn eine gänzliche Zurückwerfung erfolget. **Zweytens**, das Licht wird von dünnen Glasscheibchen wechselsweise vielmal nach einander zurückgeworfen und durchgelassen, so wie die Dicke des Scheibchens in arithmetischer Progreßion zunimmt. Denn hier hängt es von der Dicke des Glases ab, ob die Kraft, welche es auf das Licht äußert, die Zurückwerfung bewirken, oder es durchlassen soll. **Drittens**, weil diejenigen Oberflächen durchsichtiger Körper, welche das Licht am stärksten brechen, es auch am stärksten zurücksenden [k]).

Verhältniß der brechenden Kräfte.

Aus mathematischen Gründen zeiget unser Verfasser, daß wenn das Licht in den Körpern geschwinder, als in dem leeren Raume nach dem Verhältnisse der Brechungssinus ist, die Kräfte der Körper das Licht zurück zu senden und zu brechen beynahe den Dichten derselben proportional seyn: ausgenommen, daß fettige und brennbare Körper es stärker als andere Körper von gleicher Dichte brechen [l]). Diesen

k) Newt. Optices, L. II. P. 3. pr. 9. p. 229.

l) Newtoni Optices. L. II. P. 3. prop. 10. p. 230. (Dieses konnte Newton aus mathematischen Gründen nicht beweisen. Was er aus mechanischen Grundsätzen herleitet, ist folgendes. Der auffallende Strahl mache mit der brechenden Ebene einen unendlich kleinen Winkel. Durch die Brechung bekömmt er eine gewisse Neigung gegen diese Ebene. Die Bewegung des Strahls nach der Brechung zerfälle man in zwey, eine parallel mit der Ebene, die andere senkrecht auf dieselbe. Jene hatte der Strahl schon, ehe er auffiel; diese bekömmt er durch eine gewisse Kraft, welche der Körper auf ihn äußert. Dem Quadrate der Linie, wodurch diese

sen Satz bewies er auch durch Versuche an verschiedenen Körpern, deren Resultate er in einer Tafel verzeichnet hat, die ich hier mittheilen will m).

Brechende Körper	Verhältniß der Einfalls- und Brechungssinus für gelbes Licht.	Verhältnißzahlen der brechenden Kräfte.	Dichte und eigenthümliche Schwere.	Brechende Kraft verglichen mit der Dichte des Körpers.
Unächter Topaz, ein natürlicher, durchsichtiger, spröder, unebner Stein, von gelber Farbe	23 zu 14	1,699	4,27	3979
Luft	3851 zu 3850	0,00052	0,00125	4160
Glas des Spießglases	17 zu 9	2,568	5,28	4864
Selenit	61 zu 41	1,213	2,252	5386
Gemeines Glas	31 zu 20	1,4025	2,58	5436
Bergkrystall	25 zu 16	1,445	2,65	5450
Isländischer Krystall	5 zu 3	1,778	2,72	6536
Steinsalz	17 zu 11	1,388	2,143	6477
Alaun	35 zu 24	1,1267	1,714	6570
Borax	22 zu 15	1,1511	1,714	6716
Salpeter	32 zu 21	1,345	1,9	7079
Danziger Vitriol	303 zu 200	1,295	1,715	7551
Vitriolöl	10 zu 7	1,041	1,7	6124
Regenwasser	529 zu 396	0,7845	1.	7845
Arabisches Gummi	31 zu 21	1,179	1,375	8574
Rectificirter Weingeist	100 zu 73	0,8765	0,866	10121
Kampfer	3 zu 2	1,25	0,996	12551

Brechen-

diese senkrechte Bewegung oder Geschwindigkeit ausgedrückt wird, die parallele jedesmal einerley genommen, setzet Newton die brechende Kraft des Körpers proportional, und berufet sich deswegen auf die Gesetze der Bewegung. Wem diese bekannt sind, der wird ohne Zweifel diesen Begriff von brechender Kraft sehr schicklich finden. Zur Erläuterung des Newtonianischen Beweises bemerke ich dieses. Die Kraft des Körpers mag auf den Lichtstrahl, nach welchen Gesetzen sie wolle, wirken, so kann man statt derselben sich eine gleichförmig beschleunigende Kraft einbilden, welche auf eine gewisse gegebene Entfernung wirket, und längst dieser dem Strahle dieselbe senkrechte Geschwindigkeit, wie jene, mittheilet. Gleichförmig beschleunigende Kräfte verhalten sich aber wie die Quadrate der längst gleichen Räumen erzeugten Geschwindigkeiten, oder der Bewegungen, wie Newton es nennt. K.)

m) Die zweyte Spalte dieser Tafel enthält die Quadrate der Tangenten der Winkel, welche der gebrochene Strahl mit der brechenden Ebene machet, wenn der Einfallswinkel ein Rechter ist, den Halbmesser für Eins genommen. Diese Tangenten verhalten sich nämlich wie die durch die Kraft des Körpers in dem Strahle, nach der senkrechten Linie auf der brechende Ebene, erzeugeten

Brechende Körper	Verhältniß des Einfalls- und Brechungssinus für gelbes Licht.		Verhältnißzahlen der brechenden Kräfte.	Dichte und eigenthümliche Schwere.	Brechende Kraft verglichen mit der Dichte des Körpers.
Baumöl	22 zu	15	1,1511	0,913	12607
Leinsaatöl	40 zu	27	1,1948	0,932	12819
Terpentinöl	25 zu	17	1,1626	0,874	13222
Agtstein	14 zu	9	1,42	1,04	13654
Diamant	100 zu	41	4,949	3,4	14556

Die Brechung der Luft in dieser Tafel ist nach der von den Astronomen beobachteten Strahlenbrechung in dem Dunstkreise angesetzet. Denn wenn das Licht durch noch so viele an Dichtigkeit allmählig zunehmende Mittel geht, so wird die Summe aller Brechungen so viel betragen, als eine einzige Brechung, die aus dem ersten Mittel in das letzte unmittelbar geschähe. Deswegen wird das Licht auf seinem Wege durch den Dunstkreis eben so viel gebrochen, als es bey gleichem Grade der Schiefe aus dem leeren Raume in die Luft zunächst der Erdfläche würde gebrochen werden [n]).

Unsers Verfassers Anmerkungen über die verschiedenen brechenden Kräfte einiger Körper sind so merkwürdig, und so geschickt, fernere Entdeckungen über die Kräfte der Natur zu veranlassen, daß ich sie der Länge nach einzurücken, kein Bedenken trage.

Vergleichungen der brechenden Kräfte und der Beschaffenheit der Körper.

Obgleich unächter Topaz, Selenit, Bergkrystall, Isländischer Krystall, gemeines Glas, Glas des Spießglases, welches erdartige, steinichte, alkalische Concreta sind [o]), und Luft, die vermuthlich aus dergleichen Körpern durch die Gährung entsteht, in der Dichte sich sehr von einander unterscheiden: so sieht man doch aus dieser

ten Geschwindigkeiten. Hr Priestley hat dieses sehr nothwendige Stück der Tafel weggelassen. Die Zahlen der vierten Spalte sind die der zweyten mit 10000 multipliciret, und mit den dazu gehörigen der dritten Spalte dividiret. K.)

n) Newtoni Optices, L. II. P. 3. prop. 10. p. 232.

o) Hier sind Körper zusammengeordnet, die auf keine Weise in eine Classe gebracht werden können, von denen das alles gesaget werden kann, was Newton behauptet. Der unächte Topaz und der Bergkrystall gehören zu der Classe der glasächten Erde, welche auf keine Art als ein alkalischer Körper angesehen werden kann. Der Selenit hat zwar eine alkalische Erde in seiner Mischung; aber da er mit der Vitriolsäure schon gesättiget ist, so ist er nicht mehr als alkalisch, sondern als ein erdichtes Mittelsalz anzusehen. Das gemeine Glas hat zwar ein alkalisches Salz in sich; aber da dieses eine glasächte Erde aufgelöset hat, so verliert es dadurch die Eigenschaften eines Alkali. Der einzige Isländische Krystall besteht aus einer bloßen alkalischen Erde. Hingegen auf das Glas des Spießglases passet keine einzige der angegebenen Eigenschaften; sondern es besteht dieses Produkt aus dem Spießglaskönige, welcher durch die Verkalchung seines brennbaren Wesens beraubet, und durch ein bloßes stärkeres Feuer in einen durchsichtigen Körper geschmolzen ist. — Diese und die folgenden chymischen Anmerkungen habe ich der Güte eines gelehrten Freundes, des Hrn D. Crell, zu danken. K.

dieser Tafel, daß ihre brechenden Kräfte sich unter einander fast wie ihre Dichtigkeiten verhalten, ausgenommen daß die Brechung des so wunderbaren Körpers, des Isländischen Krystalles, etwas größer als der übrigen sich findet. Die Luft insbesondere, die 3500mal dünner als der unächte Topaz, 4400mal dünner als verglasetes Spießglas, und 2000mal dünner als Selenit, gemeines Glas oder Bergkrystall ist, besitzt doch in Verhältniß gegen ihre Dichte zum Theil eine größere, zum Theil eine nicht viel geringere brechende Kraft als diese so viel dichtern Körper.

Auf der andern Seite findet sich bey der Vergleichung der Brechungen des Kampfers, Baumöles, Leinsaatöles, Terpentingeistes und Agtsteines, als fettiger, brennbarer Körper, wie auch des Diamants, der vermuthlich eine fettige, geronnene Substanz p) ist, daß ihre brechenden Kräfte sich wie ihre Dichtigkeiten, ohne beträchtliche Abweichung verhalten. Uebrigens sind die brechenden Kräfte dieser fettigen Körper in Vergleichung mit ihren Dichtigkeiten zwey- bis dreymal größer als die brechenden Kräfte jener ersten Körper in Vergleichung mit ihren Dichtigkeiten.

Die brechende Kraft des Wassers hält etwa das Mittel zwischen diesen beyden Arten; so wie das Wasser selbst ein Körper mittlerer Art zwischen diesen Körpern seyn mag. Aus dem Wasser erhalten alle Thiere und Pflanzen ihre Nahrung, und diese bestehen sowohl aus schweflichten, fetten und brennbaren, als aus irdischen, dürren und alkalischen Theilen.

Salze und Vitriole fallen in Absicht auf die brechende Kraft zwischen irdische Körper und Wasser, und sind folglich aus beyden Arten von Materien zusammengesetzet. Denn ihre flüchtigen Theile gehen durch die Distillation und Rectification größtentheils in Wasser über, und viele bleiben unter der Gestalt einer trockenen, feuerbeständigen und der Verglasung fähigen Erde zurück q).

Die brechende Kraft des Weingeistes liegt zwischen den brechenden Kräften des Wassers und der ölichten Körper in der Mitte, daß er also aus beyden durch die Gährung zusammengesetzet zu seyn scheint. Das Wasser nämlich löset vermittelst gewisser salziger Geister, damit es geschwängert ist, das Oel auf, und machet es dadurch flüchtig. Denn der Weingeist ist wegen seiner ölichten Theile brennbar, und wird, wenn er mehrmals über Weinsteinsalz abgezogen wird, jedesmal wässerichter und voller Phlegma r).

Auch

p) Der Diamant gehöret nach allen seinen Kennzeichen zu der Classe der glasächten Körper, und hat also gar nichts brennbares in sich; oder wenn man ja, aus seiner neu entdeckten Flüchtigkeit im Feuer auf etwas dergleichen schließen wollte, so ist es doch so unendlich wenig, daß es durch kein anderes Experiment zu entdecken, noch weniger der Diamant daher zu den vorhergehenden ganz verbrennlichen Körpern gerechnet werden kann. C.

q) Von diesen Spiritibus oder sauern Salzen ist es unrichtig, daß sie durch öftere Destillation zu Wasser und Erde werden; sie bleiben unverändert. Von vielen feuerbeständigen Mittelsalzen aber kann man dieses gewissermaßen, vorzüglich wegen ihres Alkali, behaupten. C.

r) Das Weinsteinsalz machet den Weingeist vielmehr immer vollkommener und weniger wässerig; hergegen findet die angegebene Erscheinung statt, wenn man Weingeist öfters über ungelöschten Kalk zieht. C.

Auch haben die Chymisten wahrgenommen, daß Pflanzen, als Lavendel, Raute, Majoran, wenn sie ohne Zusatz abgezogen werden, vor der Gährung Oel ohne brennende Geister, aber nach der Gährung brennende Geister ohne Oel geben; daraus also erhellet, daß ihre Oele, durch die Gährung, in Geister verwandelt sind. Sie haben auch beobachtet, daß Oele, die man in geringer Menge auf Kräuter gießt, die in Gährung begriffen sind, nach der Gährung in Gestalt von Geistern übergehen.

Folglich scheinen nach der obigen Tafel die brechenden Kräfte aller Körper ihren Dichtigkeiten, wenigstens sehr nahe, proportional zu seyn; in so ferne nicht durch den Ueberfluß oder Mangel an brennbaren und ölichten Theilen die brechende Kraft vermehret oder verringert wird. Demnach rühret vermuthlich die brechende Kraft aller Körper, wo nicht gänzlich, doch hauptsächlich, von ihren brennbaren Theilen her. Dergleichen Theile befinden sich wahrscheinlich in allen Körpern, in einigen mehr, in andern weniger. So wie das vermittelst eines Brennglases vereinigte Licht auf brennbare Körper am stärksten wirket, sie in Feuer und Flamme zu setzen; so werden brennbare Körper, weil jede Wirkung eine gegenseitige voraussetzet, wiederum auf die Lichtstrahlen am stärksten wirken. Denn daß die Wirkungen des Lichtes und der Körper auf einander gegenseitig sind, kann man daraus abnehmen, daß die dichtesten Körper, welche das Licht am stärksten brechen oder zurück werfen, durch die Sonnenhitze im Sommer, vermittelst der Wirkung des gebrochenen und zurückgeworfenen Lichtes am stärksten erwärmet werden [s]).

Newtons Erklärung der farbichten Ringe.

Die Abwechselungen der farbichten Ringe an jenen dünnen Scheibchen, und überhaupt die Zurückwerfung und Brechung zu erklären, nimmt Newton an, daß jeder Lichtstrahl, gleich von dem ersten Ausgange aus dem leuchtenden Körper, eine gewisse veränderliche Beschaffenheit erhält, die bey seinem Fortgange in gleichen Zwischenräumen wiederkömmt, und verursachet, daß er bey jedesmaliger Anwandlung dieser Beschaffenheit durch die nächste vorliegende brechende Fläche leichter durch, als zurück geht, dagegen er in den Zwischenzeiten, da er diese Beschaffenheit nicht hat, von eben dieser vor ihm liegenden Fläche leichter zurückgesandt als durchgelassen wird. Demnach werden unter mehrern Strahlen, die auf irgend eine Fläche fallen, diejenigen, welche in dem Zustande des leichtern Zurückgehens waren, zurückgesandt, und hingegen diejenigen, welche mehr zum Durchgehen geneigt waren, durchgelassen werden. Daher wird also überhaupt von jeder Oberfläche, worauf Licht fällt, ein Theil desselben zurückgeworfen, ein Theil durchgelassen. Diese Beschaffenheit der Strahlen nennt er die **Anwandlungen des leichtern Zurückgehens oder des leichtern Durchgehens** [t]).

Er

s) Newtoni Optices, L. II. P. 3. pr. 10. p. 233-236.

t) Vices facilioris reflexionis vel transmissus. Im Engl. Fits of easy reflexion or transmission. Newton beschäfftiget sich damit vom 12 bis zum 20 Satz des 3 Th. des 2 B. Der angeführte Satz heißt beym Newton eigentlich so: Ein jeder Lichtstrahl bekömmt bey dem Durchgange durch eine brechende Fläche eine gewisse veränderliche Beschaffenheit ꝛc. Und diesen Satz sieht er als einen Erfahrungssatz an, der sich auf die

Er muthmaßet ferner, daß diese Anwandlungen des leichtern Zurück = oder Durchgehens etwa durch die Schwingungen eines feinen Fluidum, wodurch der Lichtstrahl gienge, verursachet werde; indem jeder Strahl, wenn die Schwingung mit seiner Bewegung übereinkömmt, zum Durchgehen, und wenn sie nicht übereinkömmt, zum Zurückgehen fähig gemachet wird. Er glaubte auch, daß diese Schwingungen durch die gegenseitige Wirkung und Gegenwirkung des Lichtes, der Körper und jenes Mittels, in dem Augenblicke der Zurückwerfung oder Brechung hervorgebracht werden könnten. Im Grunde nimmt er also zwo Ursachen der Willigkeit zum Zurück = oder Durchgehen an, die der Strahl jedesmal, da er eine neue Oberfläche trifft, haben soll. Eine ist schon hinlänglich, wenn man das Zurück = oder Durchgehen des Lichtes, in sofern es aus Strahlen von jeder Gattung und Farbe besteht, bey jeder Veränderung des Mittels erklären will; allein die Farben der oben beschriebenen Scheibchen zu erklären, wird keine hinlänglich seyn *).

Einwendungen dagegen.

Denn wenn jeder Lichtstrahl diese Anwandlungen des leichtern Zurück = und Durchgehens längst dem ganzen Wege von dem leuchtenden Körper her hat, so müssen ihre Abwechselungen bloß nach der Entfernung von demselben, und nicht von irgend einem Umstande an den Körper, worauf das Licht fällt, sich richten; so daß, die Dicke jener Scheibchen mag seyn welche sie wolle, Licht von jeder Farbe ohne Unterschied zurück geworfen oder durchgelassen wird, ohne daß es hiebey auf etwas anders, als auf den Abstand der Oberfläche von dem leuchtenden Körper ankömmt *).

Wenn, wie Newton zu behaupten genöthiget ist, die Willigkeit der Strahlen zum Zurück = oder Durchgehen, sowohl von der Dicke des Scheibchens, darauf sie stoßen, als von einer gewissen ihnen eigenthümlichen Beschaffenheit abhängt, so scheint die ganze Hypothese der Anwandlungen, die sie vorher gehabt, oder durch die zitternde Bewegung an der Fläche eines Körpers erhalten haben mögen, überflüßig zu seyn. Denn was sollte daraus werden, wenn an der Oberfläche eines Körpers

die im 4 Abschnitte angeführten Versuche gründet. Darauf saget er im 13 Satze die Ursache, warum die Oberflächen aller dicker durchsichtiger Körper einen Theil des auffallenden Lichtes zurück werfen, den andern brechen, ist diese: daß von den auffallenden Strahlen einige in dem Zustande des leichtern Zurückgehens, andere des leichtern Durchgehens sind. Den Beweis nimmt er aus dem in 4 Abschn. zuletzt angeführten Versuche, worinne ich ihn freylich nicht wohl finden kann. Newton nimmt es nur als sehr wahrscheinlich an, daß die gedachten Anwandlungen der Strahlen schon bey dem leuchtenden Körper anfangen. Jenen erstern Satz sieht er als ein Factum, als eine von ihm entdeckte Eigenschaft des Lichtes an. K.

u) Ich finde beym Newton nur die letztere Hypothese zur Erklärung der Anwandlungen. Er unterscheidet aber gar sehr, was er als ein Factum, oder als eine Hypothese vorträgt. Ihm komme es, saget er, bloß auf das Factum an; die Erklärung trage er nur denjenigen zu Gefallen vor, die sich nicht überwinden können, etwas anzunehmen, zu dessen Erklärung sie keine Hypothese haben. K.

x) Wenn aber die Dicke der Scheibchen was dazu beytrüge, die Anwandlungen zu stärken, oder zu schwächen, und sie wohl gar in entgegengesetzte zu verwandeln? K.

pers ein Strahl die Anwandlung des Zurückgehens hätte, die Dicke des Scheibchens aber so beschaffen wäre, daß er durchgehen müßte y)?

Newton muß seiner Hypothese zu Gefallen einen sehr unwahrscheinlichen Satz annehmen, diesen, daß die Brechung oder Zurückwerfung an der hintern Fläche des dünnen Scheibchens bewirket wird. Denn, spricht er, geschähe sie an der vordern Fläche, so käme es auf die Entfernung der Flächen nicht an. Nun saget er, daß die Abwechselungen des Zurück- und Durchgehens noch an Scheibchen von der Dicke eines Viertelzolles bemerket werden z). Also müßte in solchen Fällen das Licht so tief in den Körper dringen, ehe etwas davon könnte zurückgeworfen werden.

Boscowichs Gedanken.

Boscowich, einer der vornehmsten Mathematiker und Naturkündiger unserer Zeiten, der sich durch eine neue und allgemeine Theorie der Naturgesetze, davon in der letzten Periode dieser Geschichte etwas vorkommen wird, besonders berühmt gemachet hat, nimmt mit Newton an, daß die Anwandlungen des leichtern Durch- oder Zurückgehens, an den Strahlen, längst ihrem ganzen Wege von dem leuchtenden Körper her sich finden, giebt aber eine andere Ursache davon an. Er nimmt auch an, daß die Abwechselungen der Anwandlungen bey verschiedenen Strahlen ungleich seyn mögen, davon er gleichfalls einige Ursachen anführet a).

Gegenseitige Hypothese.

Ueberhaupt ist es nicht wahrscheinlicher, daß die Lichtstrahlen von der Sonne mit gleicher Willigkeit zum Durch- oder Zurückgehen kommen, so wie es die Beschaffenheit der Körper, worauf sie treffen, erfordert; und daß die Ursache, warum von den Strahlen, die dem Anscheine nach unter einerley Umständen auffallen, einige durch- andere zurückgehen, den kleinen Schwingungen der Theilchen auf der Oberfläche der Mittel, wodurch die Strahlen gehen, zuzuschreiben sey: Schwingungen, welche von der Wirkung und Gegenwirkung der Körper und der Lichttheilchen auf einander, in dem Augenblicke, da diese ankommen, unabhängig sind, ob sie gleich vermuthlich von der Einwirkung der vorhergegangenen verursachet seyn mögen.

Die Ursache, daß einige Gattungen von Strahlen durchgelassen, andere zurückgeworfen werden, als wodurch die Farben an den dünnern Scheibchen entstehen, mag vielleicht

y) Wenn es auf weiter nichts als eine Hypothese ankömmt, so ist noch wohl Rath zu schaffen. Ist der Strahl just in der stärksten Anwandlung zum Zurückgehen, und das Scheibchen ist so dicke, daß es ihm die Anwandlung zum Durchgehen ertheilen müßte, so heben sich die Wirkungen, und der Strahl wird gleichsam getödtet oder ausgelöschet. In dem umgekehrten Falle ist es eben so. Man weis doch nicht, wo beym Brechen und Zurückwerfen so viele Strahlen bleiben. Das sind eben die auf jene Art getödteten, ausgelöschten, oder doch zu Invaliden gemachten Strahlen. K.

z) An gläsernen und mit Quecksilber belegten Hohlspiegeln, wovon im folgenden Abschnitte. Dieser Umstand verändert die Sache etwas. Die zwote Fläche des Scheibchens könnte auch auf den Lichtstrahl wirken, ohne daß er sie zu berühren brauchete, wie Newton sonst die Brechung und Zurückstrahlung betrachtet. Princip. L. 1. Sect. 14. K.

a) Theoria philosophiae natur. Venet. 1763. p. 232.

vielleicht darinne liegen, daß etwa jedes Theilchen des Mittels, in Absicht auf das Licht eine große Menge gleicher abwechselnder Intervalle des Anziehens und Zurückstoßens hat, die aber für jede Gattung der Lichtstrahlen eine andere Größe haben. Wenn nun die Dicke eines durchsichtigen Mittels, worinne die Theilchen der Materie gleichförmig vertheilet sind, so beschaffen ist, daß die Anziehungsräume der äußersten Theile in einander fallen, und ihre Zurückstoßungsräume auch, in so ferne sie sich auf eine gewisse Gattung von Strahlen, z. E. die rothen, beziehen, so werden diese Strahlen durch die vereinte Kraft dieser äußersten Theilchen zurückgeworfen werden, indem die zwischen ihnen liegenden mittlern Theile ihre Wirkungen gegenseitig vernichten [b]. Wenn aber die Anziehungsräume mit Zurückstoßungsräumen zusammen treffen, so werden die Strahlen frey durchgehen, weil hier eine Wirkung sich gegen die andere aufhebet. Da nun die Intervalle des Anziehens und Zurückstoßens für verschiedentlich gefärbte Strahlen von verschiedener Größe sind, so wird die Dicke der Scheibchen, bey welcher ähnliche Intervalle zusammentreffen oder nicht, für verschiedentlich gefärbte Strahlen verschieden seyn.

Zusatz des Uebersetzers.

Die Schwierigkeiten, die sich äußern, wenn man erklären will, warum von Strahlen, die unter denselben Umständen auffallen, einige zurück, andere durchgehen, oder woher die farbichten Ringe des Luftscheibchens zwischen zwey Objectivgläsern kommen, und andere, die sich noch in der Folge zeigen werden, geben deutlich genug zu erkennen, daß das Emissionssystem der Strahlen nur ein Bild seyn möge, das wohl in vielen Stücken sehr bequem ist, das man aber, wie bey allen Gleichnissen die Regel zu seyn pfleget, nicht vltra tertium comparationis ausdehnen muß. So kann man sich ganz wohl zufrieden geben, wenn man auch nicht alles zu erklären im Stande ist.

Newtons Theorie und die Anwendung, die er davon machet, bleibt immer noch sinnreich und schön, wenn sie auch die wahre Beschaffenheit der Sache nicht erkläret. Sie treibt das Gleichniß so weit, als es sich nur thun läßt.

Zu Ende dieses Werkes wird eine Anmerkung gemachet, die hier schon verdienet angeführet zu werden. Wenn das Licht durch die Luftscheibe zwischen zwey Objectivgläsern fährt, so mag es sich nächst der Stelle, wo sie sich berühren, in dem Wirkungsraume beyder Glasflächen befinden; folglich mögen die Strahlen von verschiedener Gattung, auf verschiedene Art gebrochen und reflectiret werden, und daraus die Farben entstehen.

Sechster

b) Könnte der Strahl nicht wegen der vermeynten Kraft der Anziehungsräume auch durchgehen? Ueberhaupt kommen mir die Abwechslungen der Anziehungs- und Zurückstoßungsräume nicht leichter zu begreifen vor, als Newtons Abwechslungen der Zustände des leichtern Zurück- oder Durchgehens. K.

Sechster Abschnitt.

Beobachtungen der Farben, die durch dicke Scheiben hervorgebracht werden.

Da Newton seine Entdeckungen von den Farben dünner Körper verfolgete, fand er, daß dergleichen auch durch Scheiben von beträchtlicher Dicke, die sich in mehrere dünnere theilen lassen, hervorgebracht würden. Ehe er aber auf diese Theorie gerieth, kamen ihm, wie er selbst gesteht, die hiebey beobachteten Erscheinungen sehr wunderbar vor.

Ein Glas oder ein Spiegel, bemerket er, mag noch so gut poliret seyn, so streuet es doch, außer dem regelmäßig gebrochenen oder zurückgeworfenen Lichte, noch nach allen Seiten ein schwaches Licht herum; wodurch die polirte Oberfläche, wenn sie in einem dunkeln Zimmer von einem Sonnenstrahle erleuchtet wird, in jeder Lage des Auges ganz deutlich zu erkennen ist. Durch dergleichen zerstreuetes Licht wurden die Farben in dem folgenden Versuche hervorgebracht.

Versuch mit dem farbichten Lichte eines Spiegels.

Durch ein Loch, ein Drittheil eines Zolles groß, ließ er in ein verfinstertes Zimmer einen Lichtstrahl senkrecht auf einen gläsernen Spiegel fallen, der auf einer Seite hohl, auf der andern erhaben, und aus einer Kugel von 5 Fuß 11 Zoll im Halbmesser geschliffen, und auf der erhabenen Seite mit Quecksilber beleget war. Darauf hielt er einen Bogen weißes Papier in den Mittelpunkt der Kugelflächen, welche den Spiegel ausmacheten, oder etwa 5 Fuß 11 Zoll vom Spiegel, so daß der Strahl durch ein kleines Loch in dem Papiere gieng, und von da wieder zurück nach demselben geworfen wurde. Dabey beobachtete er auf dem Papiere vier oder fünf concentrische farbichte Ringe, wie Regenbogen, um das Loch herum, die sehr viel ähnliches mit dem oben beschriebenen an den dünnen Scheibchen hatten, aber breiter und matter waren. So wie diese Ringe immer breiter wurden, so wurden sie auch blasser, so daß der fünfte kaum sichtbar war; wiewohl doch, bey hellem Sonnenscheine, einige schwache Spuren eines sechsten und siebenten sich zeigten. War die Entfernung des Papieres vom Spiegel viel über oder unter sechs Fuß, so wurden die Ringe blasser und verschwanden. War der Spiegel vom Fenster viel über 6 Fuß entfernet, so ward der zurückgeworfene Strahl in der Entfernung von 6 Fuß vom Spiegel, wo die Ringe sich zeigten, so breit, daß er einen oder zwey der innersten verdunkelte. Deswegen stellete er gewöhnlich den Spiegel ohngefähr sechs Fuß vom Fenster, so daß dessen Vereinigungspunkt mit dem Mittelpunkte seiner Krümmung bey den Ringen auf dem Papiere zusammen fallen mußte. Und diese Lage des Spiegels ist im folgenden allemal zu verstehen, wenn nicht ausdrücklich eine andere angegeben wird [a]).

Die Farben dieser Ringe folgten vom Mittelpunkte herauswärts auf eben die Art auf einander, wie die an den beyden Objectivgläsern, wenn man durch diese hindurch sah. In der Mitte der Ringe war ein weißer, runder, schwach erleuchteter Flecken, der etwas breiter als der zurückgeworfene Lichtstrahl war. Diesen ließ er bisweilen mitten auf den Flecken fallen, bisweilen aber durch eine kleine Neigung

a) Newtoni Opt. L. 2. P. 4. obs. 1. p. 246.

des Spiegels aus der Mitte desselben heraustreten, daß man den Flecken, wie er bis zum Mittelpunkte weiß war, sehen konnte. Er maaß die Durchmesser dieser Ringe, und fand sie gleichfalls in demselben Verhältnisse, wie an den Objectivgläsern [b]). Da er ein Prisma zu Hülfe nahm, entdeckete er dadurch noch mehr Ringe, als es ihm mit bloßem Auge möglich gewesen war, genau wie in jenen Versuchen [c]).

Folgerungen daraus.

Wegen der sonderbaren Uebereinstimmung aller dieser Erscheinungen mit denen an den Gläsern beobachteten, glaubte er, daß diese Farben an der dicken Glasscheibe fast auf eben die Art, wie die an den sehr dünnen Scheibchen entstünden. Denn er fand, wie er das Quecksilber abgerieben hatte, daß das bloße Glas eben solche Ringe, nur weit matter, erzeugete; und daß also das Quecksilber die Erscheinung nicht verursachete, wenn es gleich, durch Verstärkung der Zurückstrahlung, das Licht der farbichten Ringe vermehrete. Ein metallener Spiegel brachte keine solche Ringe zuwege, und hieraus schloß er, daß sie nicht von einer einzigen Spiegelfläche herrührten, sondern von beyden Oberflächen der zum Spiegel gebrauchten Glasscheibe, und der Dicke derselben abhiengen [d]).

Ueberhaupt machte die Vergleichung der Farbenringe in dem obigen und diesem Falle, es ihm erweislich, daß sie einen und denselben Ursprung hätten, nur mit dem Unterschiede, daß die Farben der dünnen Scheibchen durch die abwechselnde Zurücksendung und Durchlassung der Strahlen an der zwoten Fläche des Scheibchens entstünden; dagegen in diesem Falle die Strahlen durch die Scheibe gehen und zurückkehren, ehe sie wechselsweise zurückgeworfen oder durchgelassen werden, nachdem sie zu dem einem oder dem andern, in dem Augenblicke, da sie bey der ersten Fläche wieder ankommen, geneigt sind [e]).

Bestätigung derselben.

Darauf machete er sich daran, die Dicke des Glases zu messen, welches er zum Spiegel brauchete, und fand, daß sie genau einen Viertelzoll betrug. Durch die hierüber angestellte Rechnung bestätigte er seine Theorie, und versicherte sich, daß, weil diese Ringe mit denen an den dünnen Scheibchen einerley Art und Ursprunges wären, die abwechselnden Anwandlungen des leichtern Zurück- oder Durchgehens auf große Entfernungen von jeder zurückwerfenden oder brechenden Fläche fortgepflanzet würden [f]).

Allein, um die Sache außer allen Zweifel zu setzen, nahm er ein anderes concav-convexes Glas $\frac{5}{62}$ eines Zolles dicke, verglich die Erscheinungen der Farben, die dieses Glas hervorbrachte, mit desselben Dicke, und ward dadurch in seiner Hypothese noch mehr bestätiget.

In

b) Newtoni Optices, L. 2. P. 4. obs. 2. 3. p. 248.

c) ibid. L. 2. P. 4. obs. 4. p. 249.

d) Newtoni Opt. L. 2. P. 4. obs. 7. p. 254. Könnten die farbichten Ringe aber nicht von der Absonderung der ungleichartigen Strahlen, bey der zweymaligen Brechung an der Vorderfläche des gläsernen Spiegels herrühren? Bey dem metallenen Spiegel waren keine Absonderung der Strahlen, und auch keine farbichten Ringe. Der weiße Flecken in der Mitte der Ringe mag von Strahlen entstanden seyn, die wenig gebrochen sind, bey denen also der Unterschied der Brechung unmerklich war. K.

e) Newtoni Opt. L. 2. P. 4. obs. 7. p. 256.

f) ibid. L. 2. P. 4. obs. 8. p. 258.

In den bisher angeführten Versuchen brachte unser Verfasser Farbenringe hervor, welche sich an den über einander gelegten Objectivgläsern beym Durchsehen zeigten; durch eine Veränderung der Vorrichtung aber brachte er es auch dahin, daß die Farben in der Ordnung, wie dort beym Daraufsehen, erschienen.

Veränderung des Versuches.

Ward der Sonnenstrahl nicht gerade nach dem Loche im Fenster hin wieder zurück geworfen, sondern ein wenig zur Seite gelenket, so fiel der gemeinschaftliche Mittelpunkt des obigen Fleckens und aller Farbenringe mitten zwischen den einfallenden und zurückgeworfenen Strahl, folglich in den Mittelpunkt der Kugelfläche des Spiegels, wenn nämlich das Papier daselbst gehalten ward. So wie der zurückgeworfene Strahl, durch die mehrere Neigung des Spiegels, sich immer mehr von dem einfallenden und von dem zwischen ihnen liegenden gemeinschaftlichen Mittelpunkte der Farbenringe entfernete, so wurden diese Ringe immer breiter; auch ward der weiße runde Fleck immer größer, und aus dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte entsprungen neue Farbenringe, dagegen der weiße Flecken zu einem weißen Ringe um sie herum ward, auf dessen Umfange in entgegengesetzten Punkten die beyden Strahlen, der einfallende und zurückgeworfene fielen, und wie zwo Nebensonnen an einem Hofe um die Sonne aussahen. Die Farben dieser neuen Ringe lagen in einer entgegengesetzten Ordnung mit den ersten. Newton beschreibt umständlich die Art, wie sie hervorkamen, so wie die Entfernung des einfallenden und gebrochenen Strahles immer größer gemachet ward g).

Die Erscheinungen, welche von andern Arten von Gläsern, als ungleich concavconvexen, oder plan-convexen, oder convex-convexen, hervorgebracht werden, trafen, so viel er es beobachten konnte, mit seiner Theorie überein. Sie wurden ihm aber zu umständlich, als daß er sie genauer durchgehen konnte.

Siebenter Abschnitt.

Beobachtungen über die Beugung des Lichtes.

Der Aufmerksamkeit eines Newtons, der über Licht und Farben so viele Untersuchungen angestellet hatte, konnten die merkwürdigen Beobachtungen des Dr. Hooke und Pater Grimaldi über die Diffraction, oder wie man es nachher genannt hat, die Inflection des Lichtes nicht entgehen; und wir finden auch in dem letzten Buche seiner Optik, daß er diese Versuche mit der größten Sorgfalt wiederholet, verändert, und viel weiter als seine Vorgänger getrieben hat. Grimaldis Beobachtungen waren bis dahin noch so wenig genützet worden, daß alle Naturkündiger vor Newton die breiten Schatten, und selbst die Lichtsäume, die jener beschrieben hatte, aus der gewöhnlichen Strahlenbrechung in der Luft erklärten, welche aber unser Verfasser von einer ganz andern Seite betrachtete. Weil in Newtons Versuchen über die Beugung des Lichtes eine große Menge neuer Erscheinungen vorkömmt, und seine Schlüsse, die er daraus zieht, für die Theorie des Lichtes und der

Farben

g) Newtoni Optices, L. 2. P. 4 obs. 10. 11. p. 264 sqq.

Farben von Wichtigkeit sind, so glaube ich, um meine Pflicht als Geschichtschreiber zu erfüllen, den Inhalt des dritten Buches seiner Optik umständlich erzählen zu müssen. Ueberdem, da diese Versuche die letzten sind, die er gemachet hat, und von ihm selbst für unvollständig angegeben werden, so ist eine ausführliche Erzählung derselben desto nöthiger, um andere dadurch in den Stand zu setzen, sie zu wiederholen, und weiter auszuführen.

Versuch mit dem Schatten eines Haares.

In ein Stück Bley machete er mit einer Nadel ein Loch, $\frac{1}{42}$ eines Zolles breit, ließ dadurch in sein verfinstertes Zimmer einen Sonnenstrahl fallen, und fand, daß der Schatten eines Haares oder anderer dünner Körper, die er in den Strahl hielt, viel breiter war, als er hätte seyn müssen, wenn das Licht in gerader Linie bey den Körpern vorbeygegangen wäre. Er schloß also hieraus, das Haar müsse auf das Licht auf eine nicht ganz geringe Entfernung wirken, und die nächsten Strahlen am stärksten, die entferntern immer weniger, nach Maaßgabe ihrer Entfernung, ablenken. Darum war auch, wenn das Papier, worauf der Schatten fiel, dem Haare näher gehalten ward, der Schatten in Verhältniß der Entfernung breiter, als wenn das Papier weiter vom Haare entfernet ward.

Er fand, daß es gleichgültig war, ob das Haar mit Luft oder einem andern durchsichtigen Körper umgeben war. Denn wie er das Haar zwischen zwo polirte Glasplatten, die er mit Wasser auf den innern Seiten benetzet hatte, legete, und es so in den Strahl hielt, war der Schatten in derselben Entfernung so breit wie vorher. Ritzen auf polirten Glasplatten, und Adern im Glase, warfen eben dergleichen breite Schatten aufs Papier, daß also die vergrößerte Breite des Schattens von einer andern Ursache, als der Brechung der Luft, herrühren muß [a]).

Lichtsäume der Schatten.

Die Schatten aller Körper, als Metalle, Steine, Glas, Holz, Horn, Eis, rc. die in diesem Lichte gehalten wurden, waren mit drey parallelen bunten Lichtsäumen, oder Streifen umgeben, wovon der erste, zunächst an dem Schatten am breitesten und hellesten, der entfernteste aber am schmalsten und so blaß war, daß man ihn kaum erkennen konnte. Diese Farben ließen sich schwerlich von einander unterscheiden, wenn das Licht nicht sehr schief auf ein weißes glattes Papier fiel; und sie auf solche Art viel breiter als sonst erschienen. Alsdenn aber ließen sie sich recht wohl erkennen und zwar in folgender Ordnung. Der erste oder innerste Saum war zunächst dem Schatten violet und dunkelblau, in der Mitte hellblau, grün und gelb, und nach außen roth. Der zweete Saum berührete den ersten beynahe, so wie der dritte den zweeten. Sie waren beyde einwärts blau, und nach außen gelb und roth, aber sehr blaß, besonders der dritte. Die Schatten von Ritzen und Blasen in polirten Glasplatten hatten ebenfalls dergleichen bunte Lichtsäume. Auch beobachtete er, daß wenn man in die Sonne durch eine Feder oder ein schwarzes Band, die man dicht vor das Auge hält, sieht, einige Regenbogen sich zeigen, weil die Schatten, welche die Fibern oder Fäden auf die Netzhaut werfen, mit dergleichen farbichten Säumen umgeben sind.

Er maaß diese Säume und ihre Zwischenräume mit der größten Genauigkeit, und fand, daß sich die ersten verhielten wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$, und daß ihre Zwischen-

a) Newtoni Optica, L. 3. obs. 1. p. 272. b) ibid. L. 3. obs. 2. p. 274.

Zwischenräume sich in eben diese Fortschreitung schicketen, das ist, die Breiten jener und dieser verhielten sich nach der Ordnung wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{4}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$, nächstens. Diese Verhältnisse blieben in allen Entfernungen vom Haare beynahe dieselben. Die dunkeln Zwischenräume waren nur in der Nähe nicht so schwarz und deutlich, wie in großen Entfernungen [c]).

Lichtstreifen, die in den Schatten laufen.

Die folgende Beobachtung unsers Verfassers zeiget uns eine sehr merkwürdige und sonderbare Erscheinung, welche man unter den Umständen nicht vermuthen sollte, wiewohl sie doch einer von Dr. Hooke beobachteten ziemlich ähnlich ist. Als die Sonne durch ein Loch $\frac{1}{4}$ Zoll weit in sein Zimmer schien, stellete er zween bis drey Fuß von dem Loche ein Blatt Pappe, das auf beyden Seiten schwarz war, und in der Mitte ein Loch $\frac{3}{4}$ Zoll ins Gevierte hatte, das Licht durchzulassen. Hinter dem Loche befestigte er an die Pappe eine scharfe Messerklinge, die von dem durchgehenden Lichte etwas auffangen mußte. Die Flächen der Pappe und des Messers waren einander parallel und senkrecht auf die Strahlen. Er stellete sie so, daß kein Licht auf die Pappe fiel, sondern alles durch das Loch theils auf das Messer traf, oder an der Schärfe desselben vorbeygieng. Den vorbeygehenden Theil ließ er auf ein weißes Papier zwey oder drey Fuß hinter dem Messer fallen, worauf er zween schwache Lichtstreifen aus dem eigentlichen Lichtstrahle auf beyden Seiten hin in den Schatten, wie Kometenschwänze, sich erstrecken sah. Weil aber das gerade auffallende Sonnenlicht durch seinen Glanz auf dem Papiere diese schwache Streifen verdunkelte, daß sie kaum zu erkennen waren, so machete er ein kleines Loch in das Papier, daß das Sonnenlicht dadurch, und auf ein dahinter gestelletes schwarzes Tuch fiel. Und nun sah er die Lichtstreifen ganz deutlich. Sie waren einander an Länge, Breite und Stärke des Lichtes ziemlich gleich. Ihr Licht war zunächst an dem gerade auffallenden Sonnenlichte, auf eine Weite von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Zoll ziemlich stark, und nahm von da an, nach und nach ab, bis es ganz unkenntlich ward. Die ganze Länge jedes dieser Streifen, drey Fuß vom Messer auf dem Papiere gemessen, betrug etwa 6 bis 8 Zoll, und machete also von der Schärfe des Messers einen Winkel von etwa 10 oder 12 höchstens 14 Graden. Bisweilen kam es ihm vor, daß es sich noch einige Grade weiter erstrecken möchte. Dieses Licht war aber fast unkenntlich, und mochte, wie er vermuthete, wenigstens zum Theil von einer andern Ursache, als die beyden Lichtstreifen herrühren [d]).

Beugung des Lichtes zwischen zwo parallelen Messerschneiden.

Darauf stellete er ein zweytes Messer dergestalt neben das erste, daß ihre Schärfen parallel einander gegen über lagen, und der Lichtstrahl zwischen beyden durchgehen mußte. Als sie etwa $\frac{1}{400}$ Zoll noch von einander entfernet waren, theilete sich der durchgegangene Lichtstrahl in zween Theile, und ließ einen Schatten dazwischen. Dieser Schatten war so dunkel und schwarz, daß alles zwischen den Messern durchgegangene Licht nach einer oder der andern Seite hin gebogen zu seyn schien. So wie die Messer einander genähert wurden, ward der Schatten immer breiter, und die Lichtstreifen

c) Newtoni Optica L. 3. obs. 3. 4. pag. 276. sqq.

d) ibid. L. 3. obs. 5. p. 279.

streifen von der Seite nach dem Schatten hin kürzer, bis zuletzt, da die Messer sich berühreten, alles Licht verschwand. Aus diesem Versuche schließt Newton, daß das am wenigsten gebogene Licht, welches nach den inwendigen Enden der Lichtstreifen zugeht, am weitesten von den Schneiden der Messer vorbeygehe, und zwar in der Entfernung von $\frac{1}{800}$ Zoll, wenn der Schatten zwischen den Lichtstreifen zu erscheinen anfieng; daß aber das näher an den Schneiden vorbeygehende Licht immer mehr gebogen, und nach denen Theilen der Streifen gelenket werde, welche von dem gerade auffallenden Lichte weiter entfernet sind; weil bey Annäherung der Schneiden die Theile der Streifen, die sich von dem geraden Lichte am meisten entferneten, zuletzt verschwanden e).

In dem Versuche mit einem Messer allein erschienen keine farbichten Säume, weil sie wegen der Weite des Loches im Laden so breit wurden, daß sie in einander liefen: allein in dem letzten Versuche fiengen bey der Annäherung der Schneiden, kurz vorher, ehe der Schatten zwischen den Lichtstreifen eintrat, auf den innern Enden derselben, zu beyden Seiten des geraden Lichtes, Säume an sich sehen zu lassen; drey auf jeder Seite, die von jeder der beyden Schneiden entstanden. Am deutlichsten waren sie, wenn die Messer vom Loche im Fenster am weitesten entfernet waren, und wurden desto deutlicher, je kleiner das Loch gemachet ward, so daß er bisweilen sogar schwache Spuren eines vierten Saumes entdecken konnte. Je näher die Schneiden zusammen kamen, desto breiter und deutlicher wurden die Säume, bis daß sie, der äußerste zuerst, der innerste zuletzt, verschwanden. Nachdem sie alle verschwunden waren, und die zwischen ihnen befindlich gewesene helle Linie sehr breit geworden war, daß sie sich zu beyden Seiten in die vorher beschriebenen Lichtstreifen erstreckete, so fieng der erst erwähnte Schatten in der Mitte dieser Linie sich zu zeigen an, und theilete sie der Länge nach in zwo helle Linien, und ward immer breiter, bis alles Licht verschwand. Die Säume wurden zuletzt so breit, daß die Strahlen, welche nach dem innersten Saume zugiengen, gleich vorher, ehe er verschwand, ungefähr zwanzigmal mehr gebogen zu seyn schienen, als wenn eines der Messer weggenommen war.

Aus diesen beyden Versuchen schließt unser Verfasser, daß das Licht des ersten Saumes vor der Schneide des Messers etwas weiter als $\frac{1}{800}$ eines Zolles, das Licht des zweeten Saumes etwas weiter als des ersten, und das Licht des dritten Saumes noch etwas weiter vorbeygegangen; und daß das Licht, welches die vorher beschriebenen hellen Streifen hervorbrachte, näher an den Schneiden vorbeygefahren sey, als daß zu den Säumen gehörige Licht f).

Und zwischen zwo geneigten.

Er ließ hierauf die Schneiden zweyer Messer recht geradlinicht schleifen, steckete sie mit ihren Spitzen in einen Tisch, so daß ihre Schneiden einander gegen über lagen, und nicht weit von den Spitzen zusammenliefen, und solchergestalt einen geradlinichten Winkel macheten, worauf er die Griffe mit Peche an einander befestigte, damit der Winkel sich nicht verändern sollte. Die Schneiden waren vier Zoll von dem

e) Newtoni Optica L. 3. obs. 6. p. 281. f) ibid. L. 3. obs. 7. p. 282.

dem Mittelpunkte um $\frac{1}{8}$ Zoll von einander entfernet, daß daher der Winkel etwa 1° 54′ war. In dieser Lage stellete er die Messer in einen Sonnenstrahl, der in ein verfinstertes Zimmer durch ein Loch $\frac{1}{42}$ Zoll weit fiel, 10 bis 15 Fuß weit von dem Loche; und ließ das zwischen den Schneiden durchgehende Licht sehr schief auf ein glattes weißes Lineal, einen halben oder ganzen Zoll von den Messern fallen. Hier sah er, daß die Säume, welche von den beyden Messerschneiden herrühreten, längst den Rändern der Schatten dieser Messer parallel mit ihnen hinliefen, ohne merklich breiter zu werden; bis daß sie in Winkeln, so groß wie der Winkel der Schneiden zusammenstießen, und sich, ohne sich zu kreuzen, endigten. Ward aber das Lineal viel weiter von den Messern weg gehalten, so wurden die Säume etwas breiter, je näher sie einander kamen; und wo sie zusammen kamen, kreuzeten sie sich, und wurden viel breiter als vorher.

Hieraus schloß er, daß die Entfernungen, in welchen das nach den Säumen laufende Licht vor den Messern vorbeygieng, durch die Annäherung der Schneiden zu einander weder vermehret noch vermindert würden; allein daß die Winkel, unter welchen die Strahlen daselbst gebogen werden, durch diese Annäherung sehr zunähmen; und daß das Messer, welches einem Strahle zunächst lag, die Gegend bestimmete, nach welcher der Strahl gebogen werden sollte, daß aber das andere Messer diese Beugung vermehrete [g]).

Veränderungen in der Figur der Säume.

Wie die Strahlen sehr schief auf das Lineal, ein drittheil Zoll von den Messern, fielen, so schnitten sich die schwarzen Linien zwischen dem ersten und zweeten Saume des Schattens von dem einen und dem andern Messer, in der Weite $\frac{1}{5}$ Zoll von dem Ende des Lichtes, das zwischen den Messern, an der Stelle, wo ihre Schneiden zusammenliefen, durchgieng; daß also die Entfernung der Schneiden, bey dem Punkte, wo diese schwarzen Linien zusammen kamen, der 160ste Theil eines Zolles war [h]).

Die eine Hälfte des Lichtes, das an dieser Stelle durchgieng, war folglich nicht mehr als $\frac{1}{320}$ Zoll von der Schneide des einen Messers entfernet, und machete auf dem Papiere, worauf es fiel, die Säume des Schattens von diesem Messer; so wie auch die andere Hälfte in eben dieser Entfernung von der Schneide des andern Messers vorbeygieng, und auf dem Papiere die Säume des Schattens von dem andern Messer hervorbrachte. Allein, wenn das Papier von den Messern weiter als $\frac{1}{3}$ Zoll entfernet ward, so liefen jene dunkeln Linien in einer größern Entfernung als $\frac{1}{5}$ Zoll, von dem Ende des zwischen den Messern, an dem Punkte ihres Zusammenstoßens, durchgelassenen Lichtes zusammen; daß also das Licht, welches auf das Papier bey dem Vereinigungspunkte dieser dunkeln Linien fiel, zwischen den Messern an einer Stelle durchgieng, wo sie mehr als $\frac{1}{160}$ Zoll von einander entfernet waren. Denn ein

g) Newtoni Optica L. 3. obs. 8. p. 283.

h) Wie sich nämlich verhalten 4 Zoll zu $\frac{1}{8}$ Zoll, so verhält sich jede andere Länge der Schneiden, von dem Punkte ihrer Zusammenkunft an gerechnet, zu der Entfernung der Schneiden in dieser Weite von jenem Punkte, oder so verhält sich hier $\frac{1}{5}$ Zoll zu $\frac{1}{160}$ Zoll. K.

ein andermal, wie die zwey Messer 8 Fuß 5 Zoll von dem kleinen Loche im Fenster entfernet waren, waren die Entfernungen der Schneiden an der Stelle, wo das Licht durchgieng, das neben dem Vereinigungspunkte jener dunkeln Linien auf das Papier fiel, wie folgende Tabelle zeiget, in welcher auch die Entfernungen des Papieres von den Messern beygesetzet sind.

Entfernungen des Papieres von den Messern in Zollen	Entfernungen der Schneiden von einander in Tausendtheilchen eines Zolles
$1\frac{1}{2}$	0,012
$3\frac{1}{3}$	0,020
$8\frac{3}{5}$	0,034
32	0,057
96	0,081
131	0,087

Aus diesen Beobachtungen schloß er, daß das Licht, welches die Säume machet, nicht immer in allen Entfernungen des Papieres von den Messern dasselben bleibt: sondern daß die Säume, wenn das Papier näher an die Messer gerücket wird, aus Strahlen entstehen, welche näher bey den Schneiden der Messer vorbeyfahren, und auch mehr gebogen werden, als wenn das Papier weiter von den Messern gehalten wird [i]).

Hyperbolische Figur der Säume.

Wenn die Säume der Schatten von den Messern senkrecht auf das Papier, in einer großen Entfernung von den Messern fielen, so hatten sie die Figur einer Hyperbel, und die Säume von dem Schatten der einen Schneide kreuzten die Säume von dem Schatten der andern. Wenn man sich auf dem Papiere zwo Linien vorstellet, die mit den Schneiden parallel sind, und durch deren Winkelpunkt eine Linie zieht, die gegen jene beyden Linien gleich viel geneiget ist, so laufen die Schenkel der Hyperbeln auf beyden Seiten von dem Mittelpunkte längst dieser Linie hin [k]).

Beobachtungen mit dem farbichten Lichte der Prismen.

Er hielt auch vor das kleine Loch, das er mit einer Nadel in Bley gemachet hatte, in dem verfinsterten Zimmer, ein Prisma, das Licht dadurch zu brechen, und auf der gegen über stehenden Wand ein farbichtes Bild der Sonne zu entwerfen. Darauf hielt er Körper in das farbichte Licht zwischen das Prisma und die Wand, und fand, daß ihre Schatten bloß Säume von derjenigen Farbe hatten, welche dem Lichte eigen war, in das sie gehalten wurden. Auch fand er, daß die Säume im rothen Lichte am breitesten, im violetnen am schmalsten, und im grünen von mittlerer Breite waren. Denn da er die Säume an dem Schatten eines Menschenhaares, acht Zoll von dem Haare, queer über dem Schatten, maaß, so fand er die Entfernungen des mittelsten und hellesten Theiles in dem ersten oder innern Saume auf jeder Seite des Schattens, im lebhaften rothen Lichte $\frac{1}{37\frac{1}{2}}$ Zoll, im lebhaften violetnen $\frac{1}{46}$ Zoll groß. Desgleichen waren die Entfernungen des

i) Newtoni Optica L. 3. obs. 9. p. 285. k) ibid. L. 3. obs. 10. p. 287.

des mittelsten und hellesten Theiles des zweeten Saumes auf jeder Seite des Schattens, in lebhaften rothem Lichte $\frac{1}{22}$ Zoll, und in lebhaften violetnem $\frac{1}{27}$ Zoll groß. Und diese Entfernungen der Säume von einander behielten in allen Entfernungen vom Haare dasselbe Verhältniß unter einander, ohne irgend eine merkliche Abweichung.

Aus diesen Beobachtungen erhellet, daß die Strahlen, welche die Säume in dem rothen Lichte hervorbrachten, weiter vor dem Haare vorbeygiengen, als diejenigen, von welchen ähnliche Säume in dem violetnen Lichte herrühreten; so daß das Haar, welches diese Säume verursachete, auf die rothen oder am wenigsten brechbaren Strahlen in einer größern Entfernung eben so wirkete, wie auf die violetnen oder die am meisten brechbaren Strahlen in einer kleinern Entfernung; und auf diese Art das rothe Licht in breitere, das violetne in schmälere Säume ausbreitete, ohne die Farbe irgend einer Gattung zu verändern.

Schlußfolgen.

Demnach läßt sich folgern, daß, wie das Haar in der ersten Beobachtung in den weißen Sonnenstrahl gehalten ward, und einen mit dreyfarbichten Säumen verbrämten Schatten aufs Papier warf, diese Farben nicht von gewissen neuen, durch die Einwirkung des Haares auf das Licht, hervorgebrachten Modificationen entstanden; sondern daß die verschiedenen Gattungen von Strahlen verschiedentlich gebogen, und dadurch von einander gesondert sind, daher nun, nach der Absonderung, die ihnen eigenthümlichen Farben sichtbar wurden, welche vorher, bey der Mischung der Strahlen, das weiße Sonnenlicht ausmacheten [l]).

Unser Verfasser hatte sich vorgenommen, diese Materie noch sorgfältiger und weiter zu bearbeiten, ward aber unterbrochen, und ließ sie hernach völlig liegen. Hier sind inzwischen aus seinen optischen Fragen, am Ende seines Werkes, einige, die Beugung des Lichtes betreffend, welche wir, den vorhergehenden Beobachtungen zu folge, mit Ja scheinen beantworten zu dürfen.

Fragen über die Beugung.

1. Wirken nicht die Körper schon in einiger Entfernung auf das Licht, und beugen dadurch die Lichtstrahlen? Und ist nicht diese Wirkung, bey sonst gleichen Umständen, in der kleinsten Entfernung am stärksten?

2. Sind nicht die in der Brechbarkeit verschiedene Strahlen auch in der Biegbarkeit verschieden; und werden sie nicht durch die verschiedenen Beugungen von einander gesondert, und bringen dadurch die oben beschriebenen bunten Säume hervor? und auf welche Art werden sie gebogen, um diese Säume zu bilden?

3. Werden nicht die Lichtstrahlen, indem sie neben den Rändern und Seiten der Körper vorbeygehen, mehrmals hin und her, auf eine schlangenförmige Art gebogen? Und entstehen nicht vielleicht die drey Farbensäume aus drey solchen Brechungen?

4. Fangen nicht die Lichtstrahlen, die auf Körper fallen, und von ihnen gebrochen, oder zurückgeworfen werden, ehe sie noch die Körper berühren, an gebogen zu werden? Und geschieht nicht die Zurückwerfung, Brechung und Beugung durch

l) Newtoni Optica L. 3. obs. 11. p. 289.

durch eine und dieselbe Kraft, die sich unter verschiedenen Umständen verschiedentlich äußert [m]?

Achter Abschnitt.

Vermischte Artikel.

Erstes Kapitel.

Von der physikalischen Ursache der Zurückwerfung, der Brechung und der Beugung des Lichtes.

Descartes scheint der erste gewesen zu seyn, der die physikalische Ursache der Zurückwerfung uud Brechung zu erforschen unternommen hat; allein er sowohl als seine Gegner baueten auf der Voraussetzung, daß das Licht bey seinem Eingange in Körper Widerstand antreffe, und waren nur bloß in der Schätzung des Verhältnisses dieses Widerstandes bey verschiedenen Körpern uneinig. Vor Newton fiel es niemanden ein, daß die Zurückwerfung und Brechung durch zurückstoßende und anziehende Kräfte, welche in den Körpern lägen, und sich auf eine gewisse Weite jenseits ihrer Oberflächen erstrecketen, verursachet werden könnte. Dieses vorausgesetzt, wie auch, daß das Licht aus Theilchen bestehe, welche von dem leuchtenden Körper ausfahren, beweist er in seinen Principiis, daß der Einfallssinus mit dem Brechungssinus allemal in einem bestimmten Verhältnisse stehe. Denn er beweist aus geometrischen Gründen, daß, wenn zwey gleichartige Mittel durch einen zwischen zwo parallelen Ebenen beschlossenen Raum von einander abgesondert werden, und ein Körper bey dem Durchgange durch diesen Raum senkrecht gegen eines der beyden Mittel gezogen oder gestoßen wird, ohne von einer andern Kraft getrieben oder gehindert zu werden; wenn ferner die anziehende Kraft in gleichen Entfernungen von derselben Ebene auf derselben Seite allenthalben von gleicher Größe ist: daß alsdenn der Sinus des Einfallswinkels auf die eine Ebene mit dem Sinus des Ausfallswinkels auf der andern Ebene, in einem gegebenen Verhältnisse stehen werde [a].

Newtons Erklärung der Zurückwerfung und Brechung.

Er beweist auch, daß unter eben diesen Voraussetzungen, die Geschwindigkeit des Körpers, ehe er auffällt, zu seiner Geschwindigkeit, nachdem er ausgefahren ist, wie der Sinus des Ausfallswinkels zu dem Sinus des Einfallswinkels sich verhalte;

m) Sorgfältig angestellte Versuche mit der Beugung des Lichts findet man in de l' Isle zu Petersburg 1738 herausgekommenen Memoires pour servir à l' histoire et au progres de l' astronomie etc. pag. 205 sqq. wo verschiedenes, was Newton nicht bemerket hat, angeführet wird. Diese Eigenschaft des Lichts hat viel Einfluß in die Astronomie. Sie ändert die Maaße der himmlischen Weiten, die man durch das Mikrometer nimmt, und verursachet vermuthlich den Ring, den man bey gänzlichen Mondfinsternissen um den Mond gesehen hat. Denn man sieht eben dergleichen Ring um jede glatte Kugel, die man im verfinsterten Zimmer vor das Loch, wo das Licht hereinfällt, hängt. Kästners Lehrb. der Opt. S. 441. K.

a) Newtoni Principia, L. 1. Prop. 94.

verhalte; daß also das Licht beym Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres an Geschwindigkeit zunimmt [b]).

Ferner, zeiget er noch, daß unter denselben Voraussetzungen, wenn dabey die Geschwindigkeit des Körpers beym Auffallen größer ist, als beym Ausfahren, dieser bey zunehmendem Einfallswinkel endlich zurückgeworfen, und der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich werde [c]).

Das Licht wirket nicht durch ein flüßiges Mittel.

Daß das Licht nicht in irgend einer Art von Wirkung auf ein flüßiges Mittel bestehe, schließt er daraus, weil er bewiesen hatte, daß der Druck durch ein flüßiges Mittel nie nach der geraden Linie fortgepflanzet werde, als wenn die Theilchen des Mittels in gerader Linie liegen; und daß jede Bewegung in einem flüßigen Mittel von der geraden Richtung nach den unbewegten Stellen hin abweiche [d]). Giebt man dies zu, so ist wohl schwerlich eine andere Hypothese zu erdenken, die mit den Erscheinungen des Lichtes übereinstimmete, als die, daß der leuchtende Körper Theilchen aussendet, auf welche andere Körper durch die Anziehung und Zurückstoßung wirken. Deswegen ist auch außer dieser keine andere, auf welche die angeführten Sätze passen.

Leibnitzens Erklärung des Gesetzes der Brechung.

Da ich Newtons Gedanken über die Zurückwerfung, Brechung und Beugung erzählet habe, so will ich auch einige andere nach Bekanntmachung derselben zum Vorschein gekommene Theorien berühren. Unter diesen machet billig diejenige den Anfang, welche **Leibnitz**, der große Nebenbuhler Newtons, in der Fluxionenrechnung, und in der That der einzige Ausländer unter allen seinen Zeitgenossen, der ihm noch zur Seite gestellet wird, vorbrachte. Weil er mit der Cartesianischen Theorie unzufrieden war, so nahm er, wie schon oben erwähnet ist, des **Fermat** seine an, und behauptete, das Licht gehe von einem Punkte zum andern auf dem leichtesten Wege, der möglich ist. Allein, außer dem, was schon oben erinnert ist, zeiget noch Dr. **Smith**, daß diese Hypothese bloß auf den Fall der Brechung durch eine ebene Fläche passet; und daß, wenn er einen Schritt weiter gegangen wäre, und sich bemühet hätte, seinen Grundsatz auf hohle und erhabene Flächen anzuwenden, wie er sagete, daß er thun wollte, er bald die Unzulänglichkeit desselben würde erkannt haben [e]). Ferner ist es nicht leicht zu begreifen, was Leibnitz unter leicht und schwer in Beziehung auf den Weg des Lichts verstanden haben mag [f]). Doch dem sey, wie ihm wolle, so muß beydes im leeren Raume wegfallen,

b) Newtoni Principia, L. 1. prop. 95.

c) ibid. L. 1. prop. 96.

d) ibid. L. 2. prop. 41. 42. 50. schol.

e) Eine Beantwortung dieser Einwendung findet man in Hrn Kästners Lehrbegriffe der Optik, S. 85. und in desselben Dissertt. mathem. et phys. p. 22. K.

f) Leibnitz hat freylich seine Begriffe von Leichtigkeit und Schwierigkeit nach dem Satze eingerichtet, den er beweisen wollte. Er saget auch nicht, wie es in dem Falle gehe, wenn das Licht aus dem leeren Raume kömmt, oder in denselben fährt. Es bleibt daher sein Begriff vom Widerstande dunkel, er saget nur, daß dasjenige Mittel mehr Widerstand zu thun scheine, welches die Ausbreitung des Lichtes mehr verhindere. Doch würde er wohl nicht zugeben, daß der Widerstand im leeren Raume gegen den in einem andern Mittel verschwinde, oder

len, und darum ist, für einen Strahl, von einem gegebenen Punkte in einem wiederstehenden Mittel in den leeren Raum zu kommen, der leichteste Weg, nach einer auf die brechende Fläche senkrechten Linie, als dem kürzesten Wege durch jede Schwierigkeit oder Widerstand zu gehen, worauf er, da nun alle Schwierigkeit vorbey ist, jeden Weg, wie er will, im leeren Raume nehmen kann: so wie er auch Gegentheils auf der Rückkehr aus dem leeren Raume in das dichte Mittel eben diesen Weg nach der senkrechten Linie nehmen muß. Demnach müßten die Sonnenstrahlen, die auf die Atmosphäre fallen, alle gerade nach dem Mittelpunkte der Erde gebrochen werden, weil dies der kürzeste und leichteste Weg durch den Dunstkreis ist; und wir müßten die Sonne allenthalben und zu jeder Zeit über unserm Kopfe sehen. Wie wohl es ist kein Wunder, daß aus einer willkührlichen Hypothese sonderbare Folgen fließen [g]).

Bernoullis Erklärung

Beyde **Bernoulli**, Vater und Sohn, haben die Brechung aus mechanischen Grundsätzen zu erklären gesuchet, jener aus dem Gleichgewichte der Kräfte, dieser eben daher, mit Zuziehung ätherischer Wirbel. Aber keine von beyden Hypothesen

und Mairans.

hat so viel Beyfall erhalten, daß es sich verlohnete, sie vorzutragen [h]). **Mairan** versuchete auch eine Erklärung vermittelst eines feinen Fluidum, das die Zwischenräumchen aller Körper ausfüllen, und sich, wie eine Atmosphäre, ein weniges über ihre Oberflächen hinaus erstrecken sollte: und nimmt nun an, die Brechung des Lichtes sey nichts als eine nothwendige und mechanische Folge davon, daß ein kleiner Körper in solchen Umständen auffällt. Das brechende Fluidum soll im Wasser in größerer Menge als in Luft, aber in kleinerer Menge als im Glase, und überhaupt in einem dichtern Mittel häufiger als in einem dünnern enthalten seyn [i]).

Dr. Smith bemerket, daß alle andere Theorien, außer Newtons seiner, annehmen, das Licht stoße auf die Körper, und leide von ihnen Widerstand, welches

Licht stößt nicht auf die Körper.

doch nie aus Erfahrungsgründen bewiesen ist. Das Gegentheil erhellet vielmehr aus den oben im 5 Abschnitte nach Newton angeführten Bemerkungen, und ließe sich auch aus **Molineux** und **Bradleys** unten anzuführenden Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne zeigen, da ihre Strahlen weder von der schnellen Bewegung des Dunstkreises der Erde, noch von dem Objectivglase, wodurch sie gehen, einigen Anstoß leiden. Ja aus Newtons Theorie von der Refraction, die sich bloß auf die Erfahrung gründet, erhellet, daß das Licht bey der Brechung in ein dichteres

oder besser, daß das Licht unendlich leichter im leeren Raume als in einem andern Mittel fortkomme; sondern behaupten, daß die Leichtigkeit in dem einen gegen die in dem andern noch ein endliches Verhältniß habe, und alsdenn fällt die folgende Einwendung weg. Ich halte Leibnitzens Grundsatz zwar nur für einen sinnreichen Einfall, den man, wie mehrentheils dergleichen Gedanken, nicht zu genau beleuchten muß. Es sollte mir aber doch leid thun, wenn etwas gar zu ungereimtes daraus folgete. K.

g) Smith's Opticks, Remarks, p. 70. (d. d. A. S. 440.)

h) Des Vaters seine Abhandlung steht in seinen Opp. vol. 1. nr. 65. p. 369, und in den Act. Erud. 1701. und verdienet immer noch gelesen zu werden. Man sehe auch von seiner Diss. de mercurio lucente in vacuo das 3. Kap. K.

i) Saverien, Dictionnaire, vol. 2. p. 371.

dichteres Mittel so wenig Widerstand und Aufhaltung findet, daß es vielmehr darinne geschwinder, als im leeren Raume geht [k]).

Maupertuis nimmt an, daß jeder Strahl bey dem Uebergange aus einem Mittel in ein anderes, denjenigen Weg aussuchet, bey welchem die Größe der Wirkung ein Kleinstes ist. Diese Größe der Wirkung kömmt auf die Geschwindigkeit des Körpers und den von ihm beschriebenen Weg an, und verhält sich also, wie die Summe der Produkte aus den beschriebenen Räumen in die dazu gehörigen Geschwindigkeiten. Aus diesem Grundsatze leitet er die Unveränderlichkeit des Verhältnisses zwischen dem Einfalls- und Brechungssinus her, und bauet darauf auch die andern Gesetze, die Fortpflanzung nnd Zurückwerfung des Lichtes betreffend [l]).

Maupertuis Erklärung.

Zweytes Kapitel.

Methoden, die brechenden Kräfte verschiedener Körper zu messen.

Da die neue Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen es nothwendig machete, die Brechungsverhältnisse bey verschiedenen Mitteln genauer zu messen, als bisher geschehen war, so erdachte Newton hierzu einige praktische Methoden, sowohl für flüßige als dichte Körper, die er in seinen optischen Vorlesungen p. 51. umständlich beschreibt. Doch ist folgende Nachricht fast gänzlich aus Dr. Smiths Optik genommen.

Seine erste Methode war, ein enges tiefes Gefäß mit dem flüßigen Wesen zu füllen, damit der Versuch sollte angestellet werden. Dieses befestigte er an einem viereckichten ziemlich langen Stücke Holz, dessen entgegen gesetzte Seiten vollkommen eben und parallel waren. An der Seite desselben, welche dem Gefäße gegen über lag, befestigte er einen Quadranten, damit, wenn der Lichtstrahl durch die Materie im Gefäße genau parallel mit der Fläche des Balken gebrochen war, durch dieses Werkzeug der Neigungswinkel des Strahles gefunden werden möchte. Verglich er diesen Winkel mit der Höhe der Sonne, die zu gleicher Zeit gemessen ward, so fand er daraus sowohl den Einfalls- als Brechungswinkel. Aus der fig. 62. wird man sich einen hinlänglichen Begriff von dieser Methode machen können. Es stellet daselbst HK den Balken vor, an dessen eine Seite zwey viereckichte Bretter bey H und K senkrecht aufgesetzet sind; C ist ein Gefäß mit dem brechenden Körper, welches an das Brett bey H mit gutem Kütte befestiget ist. Es ist bey F zugleich mit dem Brette durchbohret. Dieses Loch wird mit einem daran gekütteten Glase verschlossen. Auf dem Brette bey K ist ein Zeichen in R, so daß der Strahl FR durch den Mittelpunkt der Oeffnung im Gefäße, und das Zeichen R parallel mit der Fläche HK ist. Auf der andern Seite des Balkens ist der Quadrant mit seinem Lothe kr angebracht.

Erste Methode die Größe der Brechung zu finden.

fig. 62.

Am

k) Smith's Opticks, Remarks, p. 70.

l) Mem. de l'Acad. de Paris, 1743. p. 575.

Zweyte durchs Prisma.

Am genauesten wird das Verhältniß der Brechung durchs Prisma bestimmet. Oben ist bemerket, daß wenn die Axe eines Prisma senkrecht auf die Sonnenstrahlen ist, und die Strahlen aufwärts gebrochen werden, das gefärbte Sonnenbild, bey langsamer Umdrehung des Prisma um seine Axe, erst sinken und darauf steigen wird. Zwischen dem Steigen und Sinken, wenn das Bild wie unbeweglich ist, befestige man das Prisma in der Lage, die es alsdenn hat, so werden die Brechungen des Strahles beym Eingange und Ausgange auf beyden Seiten des Prisma gleich seyn. In dieser Lage des Prisma ist der Brechungswinkel bey dem Eingange des Strahles gleich der halben Summe des Erniedrigungswinkels und des brechenden Winkels des Prisma [a]), welchen letztern man messen kann, wenn man zwey Lineale kreuzweise über einander auf einen glatten Tisch leget, das Prisma mit dem brechenden Winkel zwischen ihre über den Tisch hervorragende Theile bringt, und auf dem Tische zwo Linien an den Linealen herzieht, deren Winkel dem brechenden Winkel des Prisma gleich ist.

fig. 50.

Wenn das Prisma ABC in die eben gedachte Lage gebracht ist, so messe man mit einem Quadranten die Höhe O des einfallenden Strahles SD, und die Höhe H des ausfahrenden EG, das ist ihre Winkel mit der horizontalen HO, deren Summe der Winkel GIO ist, unter welchem sich die Verlängerungen beyder Strahlen schneiden. Die Hälfte des Winkels GIO ist EDI, wegen der gleichen Brechungen auf beyden Seiten. Dieses ist der Winkel des einfallenden und gebrochenen Strahles. Dazu nehme man den Winkel, welchen DE mit der senkrechten auf BA machet, der dem halben brechenden Winkel A gleich ist. So erhält man den Einfallswinkel aus Luft ins Glas gleich der halben Summe der Höhen der beyden Strahlen und des brechenden Winkels. Der Brechungswinkel ist $\frac{1}{2}$ A selbst.

Beyspiel.

Newton giebt folgendes Beyspiel [b]). In einem gläsernen Prisma, dessen brechender Winkel $62\frac{1}{2}$ Gr. betrug, war die Hälfte desselben $31^\circ 15'$, der Brechungswinkel aus Luft in Glas, und dessen Sinus 5188 für den Halbmesser 10000. Wie die Axe des Prisma horizontal gestellet, und das Bild an der Gränze des Rückgehens war, maaß er mit einem Quadranten den Winkel der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit mit dem Horizonte, und zu gleicher Zeit die Höhe der Sonne. Die Summe beyder Winkel war $44^\circ 40'$ als der Winkel des einfallenden und ausfahrenden Strahles. Die Hälfte davon zu dem Brechungswinkel

a) Hr Beguelin bemerket, es sey nicht ganz völlig richtig, daß die halbe Summe des Erniedrigungswinkels und des brechenden Winkels des Prisma, den Brechungswinkel giebt, oder man müsse die Dicke des Prisma nicht in Betrachtung ziehen, wie man es in großen Entfernungen thun dürfe. Mem. de l'Ac. de Prusse. 1762. p. 69. Hr B. redet von einem Bilde, welches man durch das Prisma von einer Sache bekömmt, wovon hier gar nicht die Rede ist. Der folgende Absatz ist im Original unrichtig gefaßt. Ich habe ihn geändert. Den Beweis findet man in dem Zusatze zum 1 Abschnitte dieser Per. K.

b) Newtoni Optica, L. I. P. 1. prop. 7. p. 66.

winkel, 31° 15' addiret; giebt den Einfallswinkel 53° 35', dessen Sinus 8047 ist. Daraus wird das Brechungsverhältniß in runden Zahlen 31 zu 20.

Vortrefflichkeit dieser Methode.

Die Vortrefflichkeit dieser Methode, das Verhältniß der Brechung zu finden, erhellet daraus: daß sie keine Werkzeuge weiter erfodert, als einen Quadranten und ein Prisma; daß wegen der gedoppelten Brechung ein Fehler in der Beobachtung nur halb so groß wird, als er bey einer einfachen Brechung seyn würde; daß man das Prisma leicht in die verlangte Stellung bringen kann, und daß eine geringe Abweichung von derselben die Stelle des Bildes oder die Summe der beyden Brechungen nicht merklich verändert, wie es sowohl die Probe zeiget, und auch weil diese Summe alsdenn ein Kleinstes ist [c]).

Wie man die Brechungsverhältnisse der flüßigen Körper durchs Prisma findet.

Machet man ein prismatisches Gefäß von Holz mit zwey einander gegen über stehenden Löchern in den Seiten des brechenden Winkels, um das Licht dadurch gehen zu lassen, und verschließt diese Löcher von außen mit Stücken Spiegelglas; setzet man dabey noch diese Seiten rechtwinklicht auf einander, weil man diese Lage am leichtesten durch ein Winkelmaaß prüfen kann; so hat man ein Werkzeug, die brechende Kraft des Wassers und anderer flüßiger Materien zu finden. Denn der in dieses Prisma einfallende Strahl machet mit dem ausfahrenden eben den Winkel, den sie gemachet hätten, wenn das Wasser die Luft unmittelbar berühret hätte. Newton fand durch dieses genaue Verfahren das Verhältniß der brechenden rothen Strahlen aus Luft in Wasser wie 4 zu 3 [d]) Auf diese Weise bestimmete auch Hauksbee die brechende Kraft der Luft, wie oben erzählet ist.

Astronomische Refraction.

Die erste genaue Tafel der Brechungen in der Atmosphäre für jeden Grad der Höhe ward von Newton berechnet, und von Dr. Halley herausgegeben. Man findet sie in den Phil. Transf. abr. vol. 6. p. 160. Die Horizontalrefraction wird darinne zu 33' 45", die für 1 Gr. Höhe zu 23' 7", die für 75 Gr. Höhe, damit die Tafel sich endiget, zu 15" angesetzt. In den de la Hirischen ist die erste zu 32' 20", die zwote zu 27' 56", und die dritte zu 16" angegeben [e]).

Drittes Kapitel.

Newtons Erfindungen, die Teleskope betreffend.

Vor Newton dachte kein Optiker, daß die Objectivgläser der Fernröhre noch andern Abweichungen, außer denen, die von ihrer sphärischen Gestalt herrühren, unterworfen wären, und sie richteten also alle ihre Bemühungen dahin, ihnen eine andere Krümmung zu geben. Allein sobald Newton die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen entdecket hatte, entdeckete er auch in ihr eine neue Quelle sehr beträchtlicher Abweichungen an den Fernröhren.

 Denn

c) Smith's Opticks, Remarks, p. 67. (b. d. A. S. 435. S. auch den Zusatz zum 1 Abschnitte.)

d) Smith's Opticks, Remarks, p. 68.

e) Saverien, Dictionaire, vol. 1. p. 372.

Erklärung der Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit.

Denn da nun die Strahlenkegel jeder Gattung von Licht ihre besondern Vereinigungspunkte, einige näher, einige weiter von dem Linsenglase haben, so können die von einem Punkte auffallenden Strahlen nicht in einem einzigen Punkte vereiniget werden, sondern sie werden nur um einen Punkt, zwischen den Vereinigungspunkten der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen, am nächsten zusammen kommen, so daß der Vereinigungsort ein kreisrunder Raum von beträchtlicher Weite seyn wird. Denn es sey für die am meisten brechbaren Strahlen unter denjenigen, die auf die Linse fallen, F der Vereinigungspunkt, und f sey es für die am wenigsten brechbaren: so erhellet aus der Figur gleich, daß der kleinste Raum, in welchem das Licht vereiniget werden kann, ein Kreis mit dem Durchmesser Ii beschrieben ist, einer durch G, in der Mitte zwischen F und f gehenden Linie. Newton bemerket, daß dieser Raum für Parallelstrahlen ungefähr den 55sten Theil so breit ist, als die Oeffnung des Vorderglases in dem Fernrohre, und daß die Vereinigungspunkte der am meisten und am wenigsten brechbaren Strahlen um $\frac{1}{27\frac{1}{2}}$ der Brennweite der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit aus einander liegen [a]). Wenn aber die Strahlen von einem leuchtenden Punkte in der Axe eines erhabenen Glases ausfahren, und in Punkten nicht zu weit hinter der Linse vereiniget werden, so, saget er, wird der Vereinigungspunkt der am meisten brechbaren Strahlen näher bey der Linse liegen, als der für die am wenigsten brechbaren, um einen Raum, der sich zu dem 27sten Theile der Vereinigungsweite der mittelartigen Strahlen sehr nahe verhält, wie die Entfernung zwischen ihrem Vereinigungspunkte und dem leuchtenden Punkte, zu der Entfernung dieses letztern von der Linse. Er versicherte sich auch von der Richtigkeit seiner Schlüsse durch genaue Messungen der Vereinigungsweiten verschiedener Gattungen von Strahlen, die er jede besonders auf ein gedrucktes Buch fallen ließ, und dabey die Entfernungen beobachtete, in welcher die Schrift deutlich erschien.

Fig. 63.

Vergleichung beyder Arten von Abweichung.

Aus allen diesen Untersuchungen schloß er, daß, wenn alle Strahlen gleich brechbar wären, die Abweichung in Teleskopen, wegen der Kugelgestalt der Gläser, viele hundertmal geringer seyn würde, als sie nun ist. Denn die Abweichung wegen der Gestalt verhält sich zu der wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen wie 1 zu 5449 [b]); und überhaupt, saget er, ist es ein Wunder, daß die Fern-

a) Newtoni Opt. L. I. P. 1. prop. 7. p. 69.

b) In der latein. Uebersetzung der Newton. Optik, p. 79, und in der ersten Originalausgabe, heißt es, wie 1 zu 8151. Newtons Formel daselbst ist unrichtig. Die Berechnung des Verhältnisses beyder Abweichungen findet man in Hrn Kästners Lehrbegriffe der Optik. S. 134. ff. Man muß bemerken, daß das angegebene Verhältniß nicht allgemein ist, sondern bloß auf einen einzelnen Fall passet, nämlich für ein Planconvexglas, dessen ebene Seite nach dem Gegenstande zuliegt, und eine Oeffnung von 4 Zoll hat. Hr Kästner findet das Verhältniß 1 : 5520, weil er die Abweichung der Gestalt für die rothen Strahlen berechnet. Nimmt man die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit, deren Brechungsverhältniß 31 : 20 ist, so kommt das im Texte angegebene heraus. K.

Fernröhre die Gegenstände noch so deutlich darstellen, wie sie es wirklich thun. Die Gründe, welche er angiebt, warum die Undeutlichkeit des Sehens nicht so sehr merklich ist, sind werth angeführet zu werden. Die zerstreueten Strahlen, saget er [c]), sind nicht nicht über jenen kreisrunden Raum gleichförmig verbreitet, sondern in dem Mittelpunkte unendlich viel dichter beysammen, als irgendwo sonst in dem Kreise; sie werden vom Mittelpunkte nach dem Umfange hin immer dünner, und sind im Umfange selbst unendlich dünner; daher sind diese zerstreueten Strahlen nicht häufig genug, um empfunden zu werden, als nur in dem Mittelpunkte und nahe bey demselben.

Ursachen, welche die Abweichung wegen der Brechbarkeit schwächen.

Ferner bemerket er, daß unter den prismatischen Farben orange und gelb die lebhaftesten sind. Diese rühren das Auge stärker als alle übrigen zusammen. Am nächsten kommen ihnen an Stärke roth und grün. Blau ist in Vergleichung mit jenen eine matte dunkle Farbe; und indigo und violet sind noch dunkler und matter, so daß sie in Vergleichung mit den lebhaftern Farben nur wenig in Betracht kommen. Die Bilder der Gegenstände muß man also nicht in den Vereinigungspunkt der mittlerartigen Strahlen, das ist, in die Gränze zwischen grün und blau setzen, sondern in den Vereinigungspunkt derer Strahlen, die zwischen die orangenfärbigen und gelben fallen, und zwar derer von der hellesten Gattung, das ist solcher gelber, die sich mehr zum Orange als zum Grün neigen. Das Brechungsverhältniß dieser Strahlen im Glase ist 17 zu 11, und ist dasjenige, welches zum optischen Gebrauche, die Brechung des Glases zu messen, dienen muß.

Wenn also das Bild eines Gegenstandes in den Vereinigungspunkt dieser Strahlen gesetzet wird, so werden die gelben und orangefärbigen alle in einem Kreise zusammenkommen, dessen Durchmesser etwa der 250ste Theil des Durchmessers der Oeffnung des Objectivglases ist [d]), und das Licht aller andern Farben, welche außerhalb dieses Kreises fallen, wird so schwach gegen jenes seyn, daß es den Augen kaum empfindlich ist. Folglich kann man annehmen, daß das Bild eines leuchtenden Punktes, in so weit es den Augen empfindlich ist, schwerlich größer als ein Kreis sey, dessen Durchmesser der 250ste Theil der Oeffnung des Objectivglases in einem guten Fernrohre ist; so daß es, wenn die Oeffnung 4 Zoll und die Brennweite 100 Fuß ist, nicht über 2″45‴ [e]) oder 3″ groß ist; und in einem Fernrohre, mit einer Oeffnung von 2 Zoll, das 20 bis 30 Fuß lang ist, mag es sich auf 5 bis 6 Secunden belaufen. Dieses stimmet auch, wie er bemerket, mit den Erscheinungen der Fixsterne durch solche Fernröhre wohl überein.

c) Newtoni Opt. p. 80.

d) Nämlich für ein Planconvexglas, das auf der ebenen Seite Parallelstrahlen bekömmt. Fallen diese auf ein beyderseits erhabenes Glas, so wird der Zerstreuungskreis wegen der verschiedenen Brechbarkeit der 261ste Theil der Oeffnung des Glases dem Durchmesser nach. K.

e) Dieses ist der Winkel, welchen der Durchmesser des Zerstreuungskreises am Glase machet. Man kann ihn also wie das Bild eines Gegenstandes, der unter diesem Winkel gesehen wird, betrachten. K.

Die Abweichung wegen der Gestalt des Glases ist bey weitem die kleinste.

Bey dem allen berechnet er doch, daß in einem Fernrohre von 100 Fuß, mit einer Oeffnung von 4 Zoll, die größte von der Gestalt des Glases herrührende Abweichung zu der Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen sich nur wie 1 zu 1200 verhalte f); woraus aber hinlänglich erhellet, daß es nicht die sphärische Figur der Gläser, sondern die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes ist, was der Vollkommenheit der Fernröhre im Wege steht.

Die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen, das vornehmste Hinderniß bey dioptrischen Fernröhren.

Er führet noch einen andern Beweis hiefür an. Die Durchmesser der Zerstreuungskreise der Strahlen wegen der Gestalt des Glases verhalten sich wie die Würfel der Oeffnungen an den Objectivgläsern, und deswegen müßten, wenn zwey Fernröhre von ungleicher Länge mit gleicher Deutlichkeit die Sachen darstellen sollen, die Oeffnungen der Objectivgläser, und ihre vergrößernden Kräfte sich wie die Würfel der Quadratwurzeln der Längen der Fernröhre verhalten g). Das stimmet aber mit der Erfahrung nicht überein. Allein die Zerstreuungen der Strahlen wegen der verschiedenen Brechbarkeit verhalten sich wie die Oeffnungen der Objectivgläser, und darum müssen, um gleiche Deutlichkeit durch Fernröhre von ungleicher Länge zu erhalten, die Oeffnungen und vergrößernden Kräfte sich wie die Quadratwurzeln aus den Längen verhalten. Dieses stimmet bekanntermaßen mit der Erfahrung überein. Z. E. ein Fernrohr, 64 Fuß lang, mit einer Oeffnung $2\frac{2}{3}$ Zoll weit, stellet eine Sache 120mal vergrößert und doch eben so deutlich vor, wie ein Fernrohr von 1 Fuß mit einer Oeffnung von $\frac{1}{3}$ Zoll, das sie nur 15mal vergrößert.

Stünde die verschiedene Brechbarkeit nicht im Wege, so ließen sich die Fernröhre dadurch noch sehr verbessern, daß man die Objective aus zwey Gläsern mit Wasser dazwischen zusammensetzete. Denn so würden die Abweichungen an den hohlen Flächen der Gläser durch die an den erhabenen mehrentheils aufgehoben werden, in so ferne sie von der Gestalt des Glases herrühren. Aber die verschiedene Brechbarkeit machet auch dieses Mittel unnütz; und deswegen, saget er, bleibt nur das einzige noch etwa übrig, ihre Länge zu vergrößern. Darum rühmet er Huygens Vorrichtung, Objectivgläser von großer Brennweite ohne Röhre zu gebrauchen h).

Newtons Spiegelteleskop.

Da er also alle Hoffnung aufgab, die dioptrischen Fernröhre zu einem großen Grade der Vollkommenheit zu bringen, so wandte er seine Aufmerksamkeit auf die Spiegelteleskope. Da er aus Gregorys und anderer Erfahrung wußte, wie unendlich schwer es wäre, Spiegeln die Figur eines Kegelschnittes zu geben, so blieb er bey der so viel leichtern sphärischen Figur, und verfertigte auch wirklich ein Teleskop mit einem metallenen Spiegel, das 30 bis 40mal vergrößerte. Weil er aber die gesuchte Deutlichkeit daran nicht erhielt, da er seinem metallenen Spiegel nicht die gehörige Politur geben konnte, so empfiehlt er dafür Gläser, die auf einer Seite hohl,

f) In den ersten Ausgaben 1 zu 1826. Das angegebene Verhältniß kömmt heraus, wenn man die äußersten Brechungsverhältniße $77\frac{1}{8} : 50$, und $77\frac{1}{3} : 50$, und bey der Berechnung der Abweichung wegen der Gestalt das mittlere Verhältniß 17 : 11 brauchet. K.

g) Hr Euler berechnet dies in seiner Dioptr. T. II. §. 193. anders. K.)

h) Newt. Opt. L. c. p. 85.

hohl, auf der andern erhaben, an allen Stellen gleich dicke, und auf der erhabenen Seite mit Quecksilber beleget sind. Ein solches Glas, wie a b c d, sollte hinten in einer inwendig ganz schwarz gemachten Röhre v x y z befestiget werden. In eben dieser Röhre nach vorne hin in der Mitte ist ein gläsernes oder krystallenes [i]) Prisma e f g befindlich, an dessen Grundfläche die von dem Spiegel zurückgeworfenen Strahlen wieder zurückprellen, und nach t hin zusammen laufen, wo der gemeinschaftliche Brennpunkt des Spiegels und eines Planconvexglases ist, das zum Augenglase dienet. Er räth auch an, die Strahlen, wenn sie aus dem Augenglase kommen, durch ein kleines rundes Loch in einer metallenen Platte fahren zu lassen, das nur eben so groß als nöthig ist, um genugsames Licht durchzulassen. Dieses Loch dienet die Strahlen, welche von dem Rande des Spiegels herkommen, aufzufangen, und das Bild dadurch deutlicher zu machen. Ein solches Instrument, sechs Fuß lang, nämlich vom Spiegel bis zum Prisma, und von da bis zum Brennpunkte t kann, wenn es gut gemachet ist, eine Oeffnung von 6 Zoll am Spiegel vertragen, und vergrößert zwey- bis dreyhundertmal. Es wird gut seyn, saget er, den Spiegel wenigstens einen oder zween Zoll breiter als seine Oeffnung zu machen, und das Glas so dicke zu nehmen, daß es sich bey der Bearbeitung nicht biege. Das Prisma soll auch nicht dicker seyn, als nöthig ist, und die Grundfläche nicht foliirt werden, weil es sich so stellen läßt, daß alle Strahlen von der Grundfläche zurückgeworfen werden, ohne daß dazu Quecksilber nöthig ist.

fig. 64.

Dieses Teleskop, saget er, stellet den Gegenstand umgekehret vor; allein man kann das Bild aufrecht machen, wenn die Seitenflächen des Prisma nicht eben, sondern kugelförmig erhaben sind, daß die Strahlen sich sowohl, ehe sie aufs Prisma fallen, als nachher zwischen demselben und dem Augenglase kreuzen. Soll ferner dieses Werkzeug eine größere Oeffnung vertragen können, so muß man, wie er es angiebt, den Spiegel aus zwey Gläsern mit Wasser dazwischen zusammensetzen [k]).

Gränzen der Teleskope überhaupt.

Unser Verfasser beschließt die Beschreibung seines Teleskops mit folgenden allgemeinen Bemerkungen. Könnte auch die Theorie der Teleskope zur Vollkommenheit gebracht, und in der Ausübung genau befolget werden, so wird doch der Gebrauch derselben, seine natürlichen Gränzen haben. Denn die Luft, durch welche wir die Sterne

i) Newton scheint nicht daran gedacht zu haben, daß alle Arten von Krystall eine doppelte Brechung verursachen, und daß also Krystall hier untauglich ist.

k) Die Erfahrung der besten Künstler hat gelehret, daß es leicht ist, den metallenen Spiegeln der Teleskope eine den Kegelschnitten so nahe kommende Gestalt zu geben, daß man sie dadurch weit vollkommener verfertigen kann, als es nach der Art, die Newton angiebt, möglich wäre. Glas würde viele Abweichungen verursachen, die noch größer sind, als die, so von der sphärischen Gestalt herrühren; besonders die sehr beträchtliche, daß das Glas sich durch sein eigen Gewicht biegt, wozu noch diejenigen kommen, welche von den Ungleichheiten in dem innern Gewebe desselben entstehen müssen, dadurch die Brechung sehr unordentlich gemachet werden muß. Außerdem zeigen verschiedene vom Short angestellete Versuche, daß ein Teleskop mit einem gläsernen Spiegel gar nicht mit einem Teleskop, das einen metallenen hat, zu vergleichen ist. Jener wirft weit weniger Licht zurück als dieser.

Sterne ſehen, iſt in einer beſtändigen zitternden Bewegung, wie man dieſes an den Schatten hoher Thürme, und an dem Blinkern der Fixſterne ſieht. Dieſe blinkern nicht, wenn man ſie durch Fernröhre mit breiten Oeffnungen betrachtet. Denn die Lichtſtrahlen, welche durch verſchiedene Stellen der Oeffnung gehen, zittern jede beſonders, und fallen daher zu gleicher Zeit auf verſchiedene Punkte auf dem Boden des Auges; aber ihre Zitterungen ſind zu geſchwind und mit einander vermiſchet, als daß man ſie von einander unterſcheiden könnte; daß alſo dieſe erleuchteten Punkte einen breiten hellen Punkt ausmachen, und der Stern größer erſcheint, als er wirklich iſt, ohne zu blinkern. Lange Teleſkope können wohl die Gegenſtände größer und heller machen, als es kürzere zu thun vermögen, aber ſie werden doch nie von der Undeutlichkeit, die von dem Zittern der Atmoſphäre herrühret, ganz frey gemachet werden können. Hier kann nichts helfen als eine reine heitere Luft, wie ſie es etwa auf der Spitze der höchſten Berge über den dicken Wolken ſeyn mag [l]).

Einiges Hiſtoriſches von Newtons Teleſkop.

Ein Teleſkop von Newton, daß er an die Königl. Geſellſchaft überſandt hatte, ward den 11 Januar 1672 zu Whitehall in Gegenwart des Königes, des Dr. Hooke und vieler andern Perſonen unterſuchet, und erhielt ſo viel Beyfall, daß man es für gut fand, eine Beſchreibung davon, durch den Secretair der Geſellſchaft, an Huygens, der ſich damals zu Paris aufhielt, zu ſenden, welche Newton ſelbſt, nebſt einer Zeichnung, aufſetzete. Ein Schreiben, das er bey dieſer Gelegenheit an den Secretair abließ, findet man in Birchs Geſchichte der Geſellſchaft, 3 Band S. 2. Um dieſe Zeit war ſeine Aufnahme in die Geſellſchaft im Werke, darüber er ſich in einem Briefe mit folgenden Worten ausdrücket: „Sollte ich aufgenommen werden, ſo „werde ich ſuchen meine Dankbarkeit dadurch zu beweiſen, daß ich der Geſellſchaft „dasjenige mittheile, was meine geringen einſamen Bemühungen zur Beförderung „ihres Endzweckes, der Erforſchung der Natur, etwa an die Hand geben mögen.„ So beſcheiden war ein Mann, der die Ehre der Geſellſchaft, der Nation und der Welt war. Am 18 Januar ward ſein Teleſkop vor der Königl. Geſellſchaft unterſuchet und ſehr gebilliget [m]).

Caſſegrains Teleſkop.

Wie Newton ſein Teleſkop in den philoſophiſchen Transactionen bekannt gemachet hatte, eignete ſich Caſſegrain, ein Franzoſe, in dem Journal des Scavans deſſelben 1672ſten Jahres, die Ehre einer ähnlichen Erfindung zu, und behauptete, daß, ehe er etwas von Newton ſeiner gehöret hätte, ihm eine beſſere Einrichtung eingefallen wäre, nämlich einen Convexſpiegel ſtatt des reflectirenden Prisma zu brauchen. Sein Teleſkop hat viel ähnliches mit dem Gregorianiſchen und der große Spiegel iſt ebenfalls durchbohret. Montucla glaubet, daß es bloß theoretiſch betrachtet, vor dem Newtonianiſchen noch einige Vorzüge haben möchte, ſowohl weil es kürzer iſt, als auch weil der Convexſpiegel durch die Zerſtreuung der Strahlen das Bild, welches der erſte Spiegel machet, ſehr vergrößern muß. Newton machete gegen

l) Newton's Opticks, London 1718. p. 98. (In den erſten Ausgaben ſteht dieſe Stelle nicht.)

m) Birch's Hiſtory, vol. 3. p. 4.

gegen Cassegrains Teleskop Einwendungen, deren einige aber ebenfalls das Gregorianische treffen, welches doch, von einem geschickten Künstler ausgearbeitet, sehr gute Dienste thut [n]). Dr. Smith hat sich die Mühe gegeben, über die Vergrößerung, sowohl des Newtonianischen als des Cassegrainischen Teleskops umständliche Rechnungen anzustellen, die man in seiner Optik, S. 97. der Anmerkungen findet [o]). Short hat, wie ich höre, verschiedene Teleskope nach Cassegrains Manier gemacht. Nach demjenigen, was Herr Michell vom Short über diese Gattung vernommen hat, zu urtheilen, ist sein Haupteinwurf gegen dieselbe gewesen, daß sie erhabene Sachen, (z. E. Hügel auf dem Monde) wie hohl, und hohle wie erhabene vorstellete. Auch hielt er sie übrigens für nicht völlig so deutlich wie andere Arten; welches aber Herr Michell der geringern Güte der Ausarbeitung zuschreibt. Denn es ist, nach der gewöhnlichen Art fast unmöglich, sie so vollkommen, wie die Gregorianischen Teleskope zu liefern, und vielleicht geht es überhaupt nicht an, oder wenigstens gehöret eine besondere Geschicklichkeit und Sorgfalt dazu.

Vergleichung des Gregorianischen und Cassegrainischen Teleskops.

In dem Gregorianischen Teleskop, saget Herr Michell, muß der große Spiegel vollkommen parabolisch, und der kleinere elliptisch seyn, so daß der eine von desselben Brennpunkten in den Brennpunkt des großen Spiegels, und der andere dahin falle, wo sich die von den kleinern zurückgeworfenen Strahlen vereinigen würden wenn sie nicht von dem ersten Augenglase aufgefangen wären. In dem Cassegrainischen muß der große Spiegel ebenfalls genau parabolisch, aber der kleinere hyperbolisch seyn, und des letztern Brennpunkte müssen dahin fallen, wo vorher die Brennpunkte des elliptischen Spiegels lagen. Beyde diese Spiegel, der elliptische und der hyperbolische sind gar wenig von einem parabolischen, der zwischen sie fällt, unterschieden.

Wenn nun in einem dieser Teleskope einer der beyden Spiegel von den vorgeschriebenen Formen abweichen sollte, so kann man den daher entstehenden Fehler durch eine schickliche Veränderung an der Form des andern Spiegels abhelfen, und dieses geschieht in dem Gregorianischen Teleskop, wenn man die Form nach der entgegengesetzten Seite, und in dem Cassegrainischen, wenn man sie nach derselben Seite hin abweichen läßt. Muß diese Veränderung an dem kleinen Spiegel vorgenommen werden, um die Fehler des großen zu verbessern, so muß sie so viel größer seyn, als eine Veränderung, die an dem großen Spiegel vorzunehmen wäre, eine eben so große Abweichung des kleinen zu verbessern, so vielmal die Brennweite des großen Spiegels größer ist als diejenige des kleinern. Nun ist es aber, wegen der Beschaffenheit der Materialien, und der Art der Arbeit bey Schleifung aller Arten von Spiegeln, Linsen, u. drgl. unvermeidlich, daß nicht alle concave Flächen von der sphärischen Form nach der parabolischen hin abweichen, oder noch wohl gar darüber hinaus fallen sollten, wie es Herr Michell aus der Erfahrung gefunden: hingegen werden

n) Histoire des Mathem. par Montucla, vol. 2. p. 647.

o) S. 471. d. d. A. Man sehe auch in Hrn. Eulers Dioptrik, 2 B. den Anhang.

den convexe Flächen sich von der sphärischen Figur zu der Fläche eines länglichten Sphäroids zunächst dessen Polen neigen. Diese Wirkungen werden, wie er behaupten zu können glaubet, mehr oder weniger, ohne Ausnahme eintreten, weil der Rand der Spiegel, der Linsen und dergl. sich ein wenig stärker als das Mittel abschleift.

Folglich liegen die Abweichungen von der sphärischen Form, die aus der Manier die Spiegel auszuarbeiten nothwendigerweise entstehen, in beyden Spiegeln des Gregorianischen Teleskopes nach derjenigen Seite hin, nach welcher sie liegen müssen, um die Fehler dieser Spiegel, wie man sie in der Theorie voraussetzet, zu verbessern; und können, wenn sie groß genug, aber nicht zu groß sind, vielleicht sie vollkommen aufheben. Aber in Cassegrains Teleskop liegen sie an dem kleinen Spiegel nach der unrechten Seite hin, und dienen nur dazu, den Fehler zu verschlimmern, anstatt ihn zu vermindern oder zu heben. Denn da der kleine Spiegel, wie erst gesaget, hyperbolisch seyn, und an seinem Rande eine geringere Krümmung als an dem Scheitel haben, und daselbst außerhalb der Kugel fallen sollte, so wird er vielmehr, wegen des stärkern Abschleifens, an dem Rande krummer als am Scheitel seyn, und innerhalb der Kugel fallen. Es wird äußerst schwer seyn, diese Fehler des kleinen Spiegels durch eine Veränderung an der Form des großen zu verbessern. Dieser mußte zu dem Ende am Rande eine beträchtlich geringere Krümmung als die parabolische haben; und wenn dieselbe bis zur sphärischen oder noch weiter verkleinert werden müßte, so wird es so wenig zu erreichen stehen, als dem kleinen Spiegel gleich anfangs die hyperbolische Gestalt zu geben.

Größere Oeffnungen der Spiegel können bisweilen mehr Deutlichkeit gewähren als kleinere.

Daraus, daß Hohlspiegel gerne von der sphärischen Figur zur parabolischen oder hyperbolischen abweichen, schließt Herr Michell, es sey praktisch möglich, reflectirenden Teleskopen mit einer Oeffnung von gewisser Größe (nach Beschaffenheit der jedesmaligen Art die Gläser zu schleifen und zu poliren) eine größere Deutlichkeit zu geben, als sie bey einer kleinern Oeffnung haben. Denn wenn bey einem gewissen Grade der Abschleifung an dem Rande die größere Oeffnung parabolisch bleibt, so wird die kleinere dadurch hyperbolisch werden. Denn nur, wenn man die Spiegel genau sphärisch annimmt, ist die Deutlichkeit desto größer je kleiner die Oeffnung ist. Der verstorbene Short wußte dieß, saget er, gar wohl aus der Erfahrung, und machete es sich sehr zu Nutzen.

Es ist doch sonderbar, daß ungeachtet Newtons Theorie der Teleskope so viel zu versprechen schien, dennoch dreyßig Jahre in einem mit der Naturforschung so ämsig beschäfftigten Zeitalter verflossen, ehe man einigen Gebrauch davon machete. Denn das erste Teleskop dieser Gattung, von einiger beträchtlichen Länge hat Hadley im Jahre 1718 verfertiget, wovon unten Nachricht erfolgen soll.

Viertes Kapitel.

Von den Einwürfen gegen die Newtonianische Lehre vom Lichte.

Newtons optische Sätze finden anfangs viel Widerspruch.

Wenn man bedenket, wie entscheidend selbst die ersten Beweise waren, welche Newton für seine Leser von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen, und der Unveränderlichkeit der Farbe jeder Gattung von einer gewissen Brechbarkeit vorbrachte: (obgleich nicht alle von mir erzählten Versuche gleich anfangs der Welt bekannt gemachet wurden, und Newton auch noch nicht den hohen Ruf, den ihm seine Principia nachher erwarben, damals schon hatte) so ist es nicht leicht, den heftigen Widerspruch, den seine Theorie fand, und die verdrießlichen Streitigkeiten, welche darüber unter den Naturkundigern entstanden, zu erklären; besonders da durch seine Entdeckungen die bisherigen Kenntnisse von dieser Sache wirklich vermehret, und nicht bloß die alten Hypothesen umgestoßen wurden. In der That, es war, wie ich schon oben bemerket habe, damals gar keine Hypothese, die man die herrschende hätte nennen können, oder die unter den Naturkündigern einiges Ansehen gehabt hätte. Außerdem waren die Gegner Newtons keine Leute, die etwa selbst Hypothesen vorgebracht hatten, denen sie hätten ergeben seyn können. Aber so ist der Mensch beschaffen, daß sobald jemand sich besonders hervorthut, andere darüber eifersüchtig werden, daß die Höhe des Ansehens, nach welcher sie selbst bey der Welt trachteten, von andern besetzet, und ihnen nun ein Zugang mehr zum Vorzuge und Ruhme abgeschnitten worden. Weil sie also durch eigene Meynungen und Entdeckungen sich berühmt zu machen nicht im Stande sind, so hoffen sie durch Bestreitung der von andern vorgebrachten sich einen Namen zu erwerben. Newton ward durch die Streitigkeiten, in welche er sich anfangs mit einiger Hitze einließ, so verdrießlich gemachet, daß er aus Furcht, noch weiter hineingezogen zu werden, sich nicht wollte überreden lassen, seine Optik, die er der Welt versprochen hatte, herauszugeben, bis er endlich im Jahre 1704 sich dazu entschloß, aber sie, wider seine Gewohnheit bloß englisch, (in einer damals auswärts wenig bekannten Sprache) schrieb, und sehr angelegentlich bat, daß niemand ohne seine Erlaubniß sie übersetzen möchte. Doch waren seine vornehmsten Entdeckungen von Licht und Farben der Königl. Gesellschaft schon 1675 mitgetheilet, und in den physikalischen Transactionen bekannt gemachet worden. Diese und andere Fälle, da er unerwarteter und unverdienter Weise Widerspruch fand, macheten ihn gegen das Ende seines Lebens zurückhaltender und ungeneigter, seine Entdeckungen bekannt zu machen.

Hooke, ein heftiger Gegner Newtons.

Der ämsigste Naturforscher zu der Zeit, da Newton zuerst mit seinen neuen Versuchen auftrat, war Dr. Hooke. Er konnte in keiner Sache, worinne er selbst etwas gethan haben wollte, einen Nebenbuhler vertragen; und unglücklicher Weise, war die Lehre von Licht und Farben eine seiner Lieblingsmaterien gewesen, die ihm auch in manchen Stücken, wie wir gesehen haben, etwas zu danken hat. Kein Wunder also, daß der aufblühende Ruhm eines neuen Naturforschers ihn unruhig machte. Er bestritt also sogleich und mit Heftigkeit die neuen Gedanken Newtons, und behauptete hartnäckig eine vom Descartes entlehnte und veränderte Hypothese, nach

welcher die Farben nur in den Schwingungen eines ätherischen Mittels bestehen sollten. Dabey beschuldigte er Newton in einigen Stücken eines an ihm begangenen gelehrten Diebstahles, worauf aber Newton bescheiden damit antwortete, daß er Dr. Hooke und seine Meynung aus einander setzete, auch erkannte, daß er einige von desselben Beobachtungen genutzet hätte, insbesondere die von der Beugung der Lichtstrahlen, darüber er ihn auch angeführet hätte, ferner die Bemerkung, daß die Undurchsichtigkeit von den Zwischenräumchen der Körper herkäme, und den Versuch mit den dünnen Scheibchen, welche Farben spielen, für dessen Bekanntmachung er ihm verbunden wäre. „Aber was diese Farben betrifft, saget er, so überließ er mir, „zur Erklärung ihrer Entstehungsart die nöthigen Versuche zu erdenken und auszu„führen, um eine Hypothese darauf zu gründen. Er gab mir weiter keine Nach„weisung, als daß die Farbe auf die Dicke der Scheibe ankomme, gesteht aber selbst „in seiner Mikrographie, daß er, wie groß diese Dicke für jegliche Farbe sey, verge„bens zu erforschen gesuchet habe. Da ich dieses also selbst messen mußte, so denke „ich, wird er mir vergönnen, was ich durch meine Mühe gefunden habe, als mein „Eigenthum zu nützen. Dieses wird mich demnach hoffentlich gegen die Beschuldi„gungen des Dr. Hooke rechtfertigen [a].„

Andere Gegner.

Unter den Ausländern, die Newtons Lehre von Licht und Farben angriffen, war Pater **Pardies** der erste, der aber seines Versehens bald überführet ward, und auch so aufrichtig war, es einzugestehen. Keiner aber machete so viel Aufsehen, als der sonst scharfsinnige **Mariotte** [b]), welchem die Versuche mit den Farben nicht glücken wollten. **Leibnitz**, unter dessen Arbeit die Acta Eruditorum damals berühmt wurden, wünschete in dem Bande des Jahres 1713, daß Newton die Schwierigkeiten, welche Mariotte gefunden, andern zum besten, weil er selbst damals schon todt war, zu heben sich die Mühe geben möchte. Deswegen ersuchete Newton den Dr. **Desaguliers**, die Mariotten mißglückten Versuche vorzunehmen, welches derselbe auch mit dem besten Erfolge, in Gegenwart vieler Mitglieder der Königl. Gesellschaft, und hernach in Beyseyn **Monmorts** und einiger anderer Mitglieder der Königl. Akademie der Wissenschaften ausrichtete [c]).

Desaguliers wiederholet Newtons Versuche.

Rizetti ein Gegner Newtons.

Einige Zeit nachher stand ein Italiener, Namens **Rizetti**, gegen Newton auf, der seine Theorie durch Versuche widerlegen wollte. Diese fand aber an **Richtern** [d]) einen geschickten Vertheidiger. Dennoch verursachete diese Streitigkeit, daß Desaguliers im Jahre 1728 seine Versuche wiederholete, und noch einige neue zur Bestätigung zusetzete. Nach dieser Zeit hat niemand, der sich genannt hätte, oder dessen Namen anzuführen es sich verlohnete, sich zum Gegner aufgeworfen; daß

a) Birch's history, vol. 3. p. 279.

b) Von **Mariotte** wird selbst in der französischen Encyklopädie geurtheilet, daß er in Versuchen gar nicht glücklich gewesen. Seine hydraulischen und noch mehr seine optischen unrichtig sind. Götting. Anzeigen 1774. St. 88.

c) Philos. trans. abr. vol. 4. p. 173.

d) Georg Friedrich Richter, Prof. Moralium zu Leipzig (ein Bruder des Göttingischen Prof. primar. der Medicin) der 1742 gestorben. Seine hieher gehörigen Schriften stehen in den supplem. ad Acta Erud. T. VIII. und in dem Jahrgange von 1724. Jöchers Gel. Lex.

daß also gegenwärtig in der Physik keine Lehre auf so sicherm Grunde steht, oder so allgemein angenommen wird, als die von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen [e]).

Versuche zur Bestätigung der Newtonianischen Theorie.

Da einige von Desaguliers Bemerkungen und Versuchen, die er bey dieser letzten Gelegenheit machete, diese Materie aufzuklären dienen, so will ich diesen Abschnitt mit Anführung einiger weniger derselben beschließen. Man bringe, saget er, zwey gleiche Prismen mit ihren Grundflächen so nahe an einander, daß ihre Anziehungsräume zum Theil in einander fallen; so werden sie in dem gemeinschaftlichen Raume keine Wirkung auf den Strahl äußern, sondern dieser wird aus dem zweyten Prisma mit seiner Richtung, die er beym Eingange in das erste hatte, parallel ausfahren. Der Strahl falle z. E. senkrecht auf das erste Prisma; er werde beym Ausfahren in dem verminderten Anziehungsraume durch die anziehende Kraft der Grundfläche ein wenig gekrümmet, und gehe in dem gemeinschaftlichen Theile der Anziehungsräume nach der geraden Linie fort; so wird er in dem übrigen Anziehungsraume des zweyten Prisma wiederum nach derselben krummen Linie, wie vorhin, nur auf eine entgegengesetzte Art, gebogen, und bekömmt in dem zweyten Prisma eine Richtung, welche derjenigen, die er in dem ersten hatte, parallel ist, und nach welcher er auch ausfährt, weil er, wie in jenem, senkrecht auf die Seitenfläche trifft. Werden demnach zwey Prismen einander so nahe gebracht, daß sie sich berühren, und die gegenseitige Anziehungen sich aufheben, so werden die Strahlen, ohne gebogen zu werden, durch beyde Prismen, die nun wie ein Parallelepipedon anzusehen sind, in derselben Richtung, wie sie in das erste kommen, durchgehen, und keine Farben hervorbringen, welche nach Rizettis Behauptung entstehen sollten. Ist der einfallende Strahl gegen das erste Prisma geneiget, so werden die Farben, welche durch die Brechung in demselben verursachet werden, durch die entgegengesetzte Brechung beym Ausfahren wieder vereiniget [f]).

Ist der Strahl in dem ersten Prisma gegen die Grundfläche unter einem Winkel von etwa 45 Graden geneiget, so wird er, wenn das andere Prisma nicht hart daran liegt, wieder in die Höhe zurückgeworfen, wobey er wegen der anziehenden Kraft des Glases eine krumme Linie, die gegen die Grundfläche hohl ist, beschreibt.

 Sobald

e) Montucla, hist. des Math. vol. 2. p. 621.

f) Wenn die Seitenflächen zweyer gleicher Prismen zwey und zwey mit einander parallel laufen, so ist die Richtung der ausfahrenden Strahlen der Richtung der einfallenden immer parallel, die parallelen Grundflächen mögen noch so weit von einander liegen. Denn jeder Strahl hat zwischen den Prismen gegen diese beyden Grundflächen einerley Lage; die Theile desselben innerhalb der Prismen sind daher einander parallel, und folglich der einfallende ins erste Prisma dem ausfahrenden aus dem zweyten Prisma auch parallel. Sind nun die Prismen nahe an einander gestellet, so fahren die ungleichartigen Strahlen nicht allein parallel, sondern auch sehr nahe an einander aus dem zweyten Prisma heraus, und verursachen also keine Farben. Sind die Prismen aber weit aus einander, so fahren die ungleichartigen Strahlen zwar parallel, aber von einander getrennt, heraus, und müssen Farben hervorbringen, wie es auch Newton nach dem 1 Abschn. dieser Per. beobachtet hat. Hier braucht man also die Attraction gar nicht. K.

Sobald aber das andere Prisma hart an das erste gebracht wird, so wird die anziehende Kraft durch eine entgegensetzte aufgehoben, und der Strahl geht an der Berührungsstelle durch das untere Prisma hindurch.

Nämlich die brechbarsten Strahlen bestehen aus kleinern Theilchen, als die weniger brechbaren, und haben also ein geringeres Moment, wenn man die Geschwindigkeit beyderseits gleichsetzet. Folglich werden jene durch die Anziehung und Zurückstoßung leichter von ihrem Wege abgelenket als diese. Es sey ACB das obere Prisma, und der Anziehungsraum der Grundfläche AB gehe bis *mm*; DGE sey das untere Prisma, und der Anziehungsraum der Grundfläche DE gehe bis *nn*, daß also in dem Raume *mmnn* die anziehenden Kräfte beyder Grundflächen sich aufheben. Wenn nun ein violetner Strahl Ra, der sich nach der Richtung Rr beweget, unter der Grundfläche AB nach der Linie *abc* so gebogen wird, daß ehe er die Linie *nn* erreichet, die Tangente *cc* in *c* mit AB parallel wird, so wird er nach der krummen Linie *def*, die der *abc* gleich und ähnlich ist, wieder in die Höhe gebogen, und solchergestalt nach *ft* zurückgeworfen. Ein rother Strahl aber, dessen Moment größer ist, wird durch dieselbe anziehende Kraft nicht so stark gebogen, und geht durch, sobald er in den Raum *nnmm* kömmt. Dieses bestätiget die Erfahrung. Denn wenn das untere Prisma nicht hart genug an das obere gedruckt wird, so machen die Strahlen, die nach *r* herunter fahren, einen mehrentheils rothen und orangenfärbigen Flecken. Sobald man aber die Prismen stärker an einander presset, so wird der Flecken größer, und in der Mitte völlig weiß, weil alsdenn alle Arten von Strahlen herunter kommen; er hat aber einen röthlichen Rand, der von den Theilen des Prisma verursachet wird, die sich zwar sehr nahe sind, aber sich nicht berühren, oder doch nicht so dichte an einander liegen, daß sie die grünen blauen und violetnen Strahlen herunter bringen könnten. Dieses zeiget, daß die Zurückstrahlung nicht von den innern dichten Theilchen des Glases, noch von den Theilchen der Oberfläche herrühret, wie Rizetti behauptete. Allein dieses wird durch folgenden Versuch noch klärer.

fig. 65.

fig. 66.

Von dem Lichte K ward durch die Zurückstrahlung an der Grundfläche AB des Prisma ABC ein helles Bild in *k* von dem Auge in E gesehen. Wie ein Gefäß mit Wasser VVSS in die Höhe gehoben ward, daß die Grundfläche des Prisma das Wasser berührete, ward das Bild des Lichtes fast ganz unkenntlich, weil das Auge alle die Strahlen, die nun von dem Wasser angezogen wurden nicht bekam. Zum fernern Beweise, daß die Zurückstrahlung unter der Oberfläche, und nicht in derselben geschieht, dienet dieses, daß wenn das Prisma von dem Wasser weggenommen ward, und an der Grundfläche naß war, oder ein Häutchen Wasser unter derselben hatte, das Bild des Lichtes wieder lebhaft wurde, weil die Strahlen unterhalb des Häutchen wieder in die Höhe gebogen wurden. Zwar war in diesem Falle das Bild, ob es gleich helle war, doch nicht deutlich begränzet; allein dies rührete von der Ungleichheit der Oberfläche des Wasserhäutchens her g).

g) Philos. trans. abr. vol. 6. p. 136.

Ende des Ersten Theiles.

Dr. Joseph Priestleys
Geschichte
der Optik.

Zweyter Theil.



Inhalt des zweyten Theils.

* Fünfter



Geschichte
und gegenwärtiger Zustand
der Optik
vorzüglich in Absicht auf den physikalischen Theil dieser Wissenschaft.

Sechste Periode.
Zeiten nach Newton.

Manchen Leser wird es befremden, daß die vor uns liegende Periode einen so großen Raum in dieser Geschichte einnimmt. Denn gewöhnlich glaubt man, und vielleicht stehen selbst einige Naturkündiger in den Gedanken, daß in der Lehre vom Sehen, dem Lichte und den Farben, seit Newtons Zeiten, wenig oder nichts gethan sey, unerachtet er manche seiner Versuche unvollendet gelassen hat; und daher höret man solche Leute immer ihre Verwunderung bezeigen, warum Niemand diese Versuche wieder vorgenommen und fortgesetzet habe. Denen, die sich dies einbilden, wird die in der anzufangenden Periode enthaltene Geschichte eine angenehme Unterhaltung verschaffen. Sie wer-

den darinnen eine reiche Aerndte, nicht von unbedeutenden Beobachtungen und überflüßigen Kleinigkeiten, sondern von gründlichen und wichtigen Entdeckungen, die tief in die Natur des Lichtes und der Körper, in Absicht auf das Licht betrachtet, dringen; so wie auch von sehr vielen Erläuterungen über die Ereignisse beym Sehen, vorfinden. Ich kann den Lesern versichern, daß ich so wenig genöthiget gewesen bin, die Materialien zu dieser Periode auszudehnen, daß ich vielmehr, um vieles in einen kleinen Raum zusammenzubringen, mehr Mühe von dem Abkürzen bey derselben gehabt habe, als bey einem jeden andern Theile dieses Werkes.

Damit man die in dieser fruchtbaren Periode gemachten Entdeckungen und Verbesserungen desto bequemer möge übersehen können, so will ich sie in einige Abschnitte vertheilen, deren die meisten wieder Unterabtheilungen erfodern werden. In jedem Abschnitte wird der Leser, wenn seine Kenntnisse nicht über Newtons Entdeckungen hinausgehen, viele neue und wichtige Bemerkungen antreffen; und wenn er nur dasjenige alles, was im Englischen, seit Newtons Zeiten, heraus gekommen ist, inne hat, so wird ihm der größte Theil des Inhalts mehr als eines Abschnittes neu seyn, und von ihm für merkwürdig und schätzbar erkläret werden.

Die Anzahl derer, welche sich in diesem Zeitraume durch ihre Entdeckungen hervorgethan haben, ist so groß, daß ich den Leser mit der Erzählung ihrer Namen und Verdienste, in dieser Einleitung nicht aufhalten will. So will ich auch von den vielen Gesellschaften, die zur Beförderung natürlicher Kenntnisse während eben dieses Zeitraumes gestiftet sind, nur zwo nennen, deren Schriften am ordentlichsten und zahlreichsten herauskommen. Dieses sind die zu Petersburg und Berlin, von welchen beyden man eine sehr reiche und schätzbare Sammlung von Materialien, für alle Theile der Naturkunde, ferner zu hoffen hat.

Erster Abschnitt.

Bemerkungen von dem Wesen des Lichtes.

Erstes Kapitel.

Herrn Eulers Hypothese vom Lichte.

Widerspruch gegen Newtons physikalische Theorie vom Lichte.

So entscheidend auch die Gründe wider die Meynung, daß das Licht in den Schwingungen eines flüßigen Mittels bestehe, den meisten Naturkündigern vorkamen, besonders seitdem Newton in seinen Principien die Unmöglichkeit dieser Hypothese bewiesen zu haben schien; so blieben doch einige Naturforscher, insbesondere verschiedene berühmte Ausländer, bey derselben, und nicht anders als mit vieler Mühe konnten einige, selbst unter den Engländern, sich bereden, sie fahren zu lassen. Keiner aber bestritt die Newtonianische Hypothese, wenn man sie so benennen darf, (denn Newton trägt sie nur in einer seiner Fragen vor, nämlich ob das Licht nicht aus kleinen Theilchen bestehe, die aus den leuchtenden Körpern kommen) so eifrig, und gab sich so viel Mühe um die Sache, als der so berühmte Mathematiker,

Herr **Euler**, in seiner Schrift, Noua theoria lucis et colorum, [a]) worinnen er die Hugenianische Hypothese wieder hervorzog und vertheidigte, nach welcher nämlich das Licht in Schwingungen besteht, die von dem leuchtenden Körper durch ein subtiles ätherisches Mittel fortgepflanzet werden. [b])

Da ich den Leser nicht mit bloßen Hypothesen aufhalten mag, als nur in so weit sie unumgänglich nothwendig sind, die Erscheinungen in der Natur zu erklären; so will ich bloß einen kurzen Auszug der Einwürfe des Herrn Eulers gegen Newtons Lehre hier vortragen: zur Vorbereitung auf die gegründeten und nützlichen Bemerkungen anderer, die seine Einwürfe beantwortet haben, und auf einige neue und wichtige Facta, welche die itzt am meisten beliebte Meynung zu bestätigen dienen.

Eulers Einwürfe.

Herr **Euler** hat selbst folgenden kurzen Begriff seiner Einwürfe wider die gewöhnliche Meynung gegeben. Nicht zu gedenken, saget er, daß die Sonne durch die so häufige Aussendung materieller Theilchen mit der Zeit erschöpfet werden würde, (Newton läßt, zur Ersetzung des Verlustes, die Kometen in die Sonne fallen) so müßte eine solche Menge von Materie, die den ganzen Himmelsraum einnimmt, und mit einer so gewaltigen Geschwindigkeit beweget wird, die Planeten und Kometen in ihrem Laufe um die Sonne nothwendig stören. Dieses aber bey Seite gesetzet, auch zugegeben, daß körperliche Theilchen sich mit der unermeßlichen Geschwindigkeit des Lichtes bewegen können, wie ist es möglich, daß die Strahlen durchsichtige Körper so sehr leicht durchdringen können? Sie mögen auf welche Art man will, durchgehen, so müssen diese Körper ihre Zwischenräumchen nach allen möglichen Richtungen in geraden Linien liegen haben, um den Strahlen freye Durchgänge zu verstatten. Ein solcher Bau der Körper, saget er, würde ihnen alle Materie und alle Verbindung ihrer Theile benehmen, wenn sie auch Materie enthielten. [c])

Desselben Gedanken von dem Ursprunge der Farben.

Hr. **Euler** trägt auch eine neue Idee von dem Ursprunge der Farben an den undurchsichtigen Körpern vor, die mit der Hauptsache in der Newtonianischen Lehre ganz unverträglich ist. Er nimmt an, daß farbichte Körper das auffallende weiße Sonnenlicht von ihrer Vorderfläche zurück senden, aber daß die besondere Gattung von Licht, durch welches sie von dieser oder jener Farbe zu seyn scheinen, von den Theilen des Körpers ausfährt. So, meynt er, sehe Zinnober nicht deswegen roth aus, weil von den auffallenden Strahlen die rothen am häufigsten zurück gesandt

 werden,

a) In den Opusculis varii argumenti. Berol. 1746. 4to. von p. 169—244. Faßlich ist das System, welches das Licht dem Schalle ähnlich machet, von dem jüngern Herrn **Euler**, in den Briefen an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie, 1. Th. vom 17ten Briefe an, vorgetragen worden. Einen umständlichen Auszug findet man in dem alten Hamburg. Magazin. 6. Band. **K.**)

b) In dem traité de la lumiere par M. Huygens. à Leide 1690. 4. Es gehöret aber nicht wenig Mühe dazu, seine Einbildungskraft der Hugenianischen gleichförmig zu machen, mehr als die ganze Sache werth ist. Auf die Erklärung der Farben in dieser Hypothese läßt Huygens sich noch nicht ein. **K.**)

c) Memoires de l'Acad. de Prusse, 1752. p. 271 (in dem Essai d'une explication physique des couleurs engendrées sur des surfaces extrémement minces.)

werden, sondern weil durch eine gewisse Geschwindigkeit der Schwingung, welche die elastischen Theilchen desselben von dem Anstoße des auffallenden Lichtes anzunehmen im Stande sind, eine neue Aussendung rother Strahlen entsteht. d)

Beantwortung und Widerlegung.

Diese und einige andere Einwürfe zu beantworten, will ich dem Leser einige gründliche Bemerkungen des Hrn. Melville vorlegen, eines jungen Mannes, der im 27sten Jahre seines Alters starb, von dem wir verschiedene sinnreiche Gedanken über Licht und Farben haben, und dessen Eifer, mit dem er sich dieser Sache widmete, uns noch mehr versprach, wenn er länger gelebet hätte.

Es ist genug, saget er, um Hrn. Eulers Theorie der Farben zu widerlegen, daß keine Erscheinungen sie beweisen oder nothwendig machen, da hingegen Newtons Theorie nicht allein die Erscheinungen erkläret, sondern auch aus einer Menge von Versuchen gerade zu hergeleitet wird. Nach der Eulerischen Hypothese müßte ein Körper von einer gewissen Farbe, der in das gleichartige Licht einer andern gehalten wird, nicht die Farbe dieses Lichtes, sondern eine andere, zwischen diese und seine eigene natürliche Farbe fallende, annehmen, welches aber der Erfahrung entgegen ist. e)

Das vornehmste, oder vielmehr einzige Ereigniß, welches Hrn. Euler zu dieser Meynung geleitet haben mag, ist, daß es viel farbichte Körper giebt, als Metalle, die sich sehr glatt poliren lassen, und daher die Bilder anderer Körper sehr ordentlich zurück zu senden im Stande sind, dabey aber ihre eigene Farbe behalten, vermittelst deren man sie in allen Lagen zu sehen im Stande ist. Dasjenige Licht, vermittelst dessen man die Bilder der Gegenstände in ihnen erblicket, giebt er zu, ist das auffallende und gehörig zurück geworfene Licht; aber das andere soll von den die Farbe verursachenden Theilen des Körpers herrühren. Allein was ist es nöthig, saget Hr. Melville, zu einer solchen Voraussetzung seine Zuflucht zu nehmen, da man zuerst weis, daß die Bestandtheile aller undurchsichtigen Körper durchsichtig sind, daß an jedem durchsichtigen Körper sich eine doppelte Zurückstrahlung ereignet, eine an der Vorderfläche, und eine von dem durchgegangenen Lichte an der Hinterfläche; da man ferner weis, daß sehr dünne Körper, als Seifenblasen, oder Luft zwischen zwey Linsengläsern, an der Vorderfläche alle Arten von Farben, und an der Hinterfläche nur gewisse Arten zurück werfen. Führen uns diese Ereignisse, saget er, nicht natürlicher Weise auf die Vermuthung, daß die erste Art des Lichtes bloß ein Theil des auffallenden, und von der Vorderfläche zurück gesendeten Lichtes, die zwote Art aber ein Theil des durchgegangenen und von der hintern Seite der Theilchen auf der Oberfläche des Spiegels zurück gesendeten Lichtes sey. f)

d) Essays and observations Physical and Literary, 3 vols. Edinburgh. 1754. vol. 2. p. 30. (Etwas genauer in dem Zusatze zu diesem Kap.)

e) Hr. Euler würde vielleicht antworten, man sehe in diesem Falle den Körper bloß vermittelst des zurückgeworfenen Lichtes; dahingegen, wenn er in weißes Licht gehalten wird, seine Theilchen von einer gewissen Gattung des auffallenden Lichtes eine gewisse Schwingung annehmen, welche die Empfindung einer gewissen Farbe erregen. Das weiße Licht, welches er alsdenn zurückwerfe, verändere diese Farbe nicht. K.

f) Edinburgh Essays, vol. 2. pag. 38. (Zur Erläuterung füge ich noch dieses hinzu. Könnte

Zusatz des Uebersetzers.

Zu den Einwürfen, welche Hr. Euler in der theor. lucis et col. gegen das Emissionssystem vorbringt, gehöret auch dieser, wie es möglich sey, daß mehrere Strahlen, die von verschiedenen Orten her, mit der unbegreiflichen Geschwindigkeit, die man dem Lichte geben muß, kommen, sich in ihrer Bewegung nicht stöhren. Wenn noch so viele Strahlen durch ein noch so kleines Loch in ein finsteres Zimmer fallen, oder in dem Brennpuncte eines Brennspiegels oder Brennglases sich kreuzen, so verändert dieses die Richtung der einzelnen Strahlen nicht im geringsten, da es doch ohne die heftigsten Collisionen hier nicht abgehen zu können scheint. Was hingegen wieder geantwortet werden kann, findet man in dem dritten Kapitel dieses Abschnittes.

Dem Eulerischen System steht im Wege, was Newton am Ende des zweyten Buches seiner Principien anführet, daß nämlich die Schläge oder Wellen eines elastischen Mittels, wenn sie durch ein Loch in einer vorliegenden Wand gehen, sich hinter demselben nach allen Seiten hin ausbreiten; woraus folgen würde, daß man einen leuchtenden Körper, wenn er solche Wellen erreget, auch hinter einer undurchsichtigen Wand sehen müßte, wenn man auch nicht in einer geraden Linie von dem leuchtenden Körper durch das Loch sich befindet, so wie man den von außen erregten Schall in allen Winkeln eines verschlossenen Zimmers durch eine Oeffnung höret. Hr. Euler widerleget Newtons Theorie nicht; erinnert aber, daß damit noch nicht bewiesen sey, daß der Schall sich in dem Zimmer durch eine Oeffnung in der Wand nach allen Seiten hin ausbreite. Denn Niemand, der in dem Winkel eines Zimmers sitze, glaube, daß der schallende Körper in dem Loche der Wand befindlich sey, wie er doch dafür halten müßte, wenn der Schall von dem Loche her sich ausbreitete, weil man von der Lage des schallenden Körpers nach der Richtung urtheile, nach welcher die Schläge der Luft ins Ohr kommen. Ferner, wenn man das Loch zumache, höre man den Schall fast eben so gut; der Schall dringe durch die Wände des Zimmers, welche, in Absicht auf den Schall, eben das seyn, was durchsichtige Kör-

Könnte man einen vollkommen polirten Spiegel machen, so würde man bloß die Bilder der Gegenstände in ihm sehen, ihn selbst aber nicht. Weil aber der beste Spiegel noch voll kleiner Hügel und Thäler ist, so kann jede Stelle desselben Licht von sehr vielen Puncten der Gegenstände ins Auge senden, und erreget daher nicht die deutliche Empfindung eines gewissen einzelnen Punctes, sondern die undeutliche sehr vieler, also bloß die Empfindung des Lichtes. Aber warum dieses von einer gewissen Farbe? Nach Newton kömmt die Farbe der Körper auf die Dicke der Lamellen ihrer Oberfläche an, von deren Hinterfläche die Strahlen zurückgeworfen werden: also werden die Strahlen, welche den Spiegel mit seiner Farbe sichtbar machen, solche seyn, die von der Hinterfläche zurückgeworfen werden. Denn diejenigen, welche von der Fläche des Spiegels durch die zurückstoßende Kraft derselben, ehe sie sie erreichen, zurückgeworfen werden, verändern ihre Farbe nicht, und stellen entweder einen gewissen Punct des Gegenstandes deutlich dar, oder erregen bloß die Empfindung des Lichtes, wenn sie zu mehrern Puncten gehören. K.)

per, in Absicht auf das Licht, sind. Könnte man die Wände eines Zimmers so stark machen, daß der Schall sie durchzudringen nicht im Stande wäre, so würde man auch den Schall ohne Zweifel nicht anders, als in derjenigen Richtung, nach welcher er durch eine Oeffnung ins Zimmer gekommen, vernehmen können. Hr. Euler hält es so gut wie unmöglich, ein solches Zimmer anzulegen, allein ich glaube fast, den von ihm vorgeschlagenen Versuch gemachet zu haben. Ich lies Jemanden außen vor meinem Zimmer, der Thüre gegen über, etwa 18 Fuß von derselben sich stellen, und daselbst in einem Buche lesen. Ich selbst nahm meinen Platz inwendig zur Seite der Thüre, etwa 15 Fuß von derselben. Die gerade Linie von mir nach dem Lesenden gieng schief durch zwo sehr dicke Mauern, welche eine steinerne Windeltreppe einfasseten, und außerdem noch durch den Schorstein eines Ofencamins. Wenn ich bey eröffneter Thüre den Lesenden noch eben verstehen konnte, so vernahm ich bey zugemachter Thüre nur bloß ein Murmeln, und wenn ich in jenem Falle nicht mehr deutlich hörete, so vernahm ich in dem letztern nichts, als bisweilen einen kleinen fast unhörbaren Laut, alles so, wie ich es mir zum voraus vorgestellet hatte. Hier ist der Schall wohl schwerlich nach der geraden Linie in mein Ohr gekommen, weil sich sonst nicht ein so großer Unterschied bey eröffneter und zugemachter Thüre würde gezeiget haben. Durch eine einfache Reflexion konnte er auch nicht zu mir gelangen, und mehrere waren wegen des in dem Zimmer befindlichen, hiezu sehr untauglichen Geräthes, nicht wohl möglich. Es muß durch die Ausbreitung zur Seite von der Thüre her geschehen seyn. Der Schall schien mir nicht von der Thüre herzukommen, ohne Zweifel deswegen, weil ich durch öftere Erfahrungen von der Gegend des Schalles zu urtheilen gewohnt war. Allein, auch ein des Ortes ganz unerfahrner würde vielleicht den Lesenden nicht in der Thüre zu seyn geglaubet haben, weil das Urtheil des Ohres weit unzuverläßiger ist, als des Auges, und sich nach viel undeutlichern, durch Gewohnheit erworbenen Regeln richtet.

Huygens nimmt, die Fortpflanzung des Lichtes in gerader Linie zu erklären, an, daß jedes Theilchen des von dem leuchtenden Körper bewegten Aethers kleine Wellen errege, wovon es der Mittelpunct ist. Die Wellen der Theilchen, welche mit dem leuchtenden Puncte in gerader Linie liegen, berühren sich nirgends als auf dieser Linie; diese Berührungspuncte machen die Hauptwellen um den leuchtenden Körper aus, welchen das Auge nicht anders empfindet, als wenn es den vereinten Eindruck der Particularwellen bekömmt: das ist, wenn es von dem Aether nach der geraden Linie von dem leuchtenden Puncte her getroffen wird. Es mag aber wohl mit diesen Nebenwirbeln nicht besser beschaffen seyn, als mit den Epicyklen in dem Ptolemaischen Weltsysteme. Solche in eine Hypothese hinein gezwungene Flickbegriffe erregen kein gutes Vorurtheil für dasselbe.

Hr. Euler läßt diese Huygenianischen Nebenwirbel fahren, und erkläret die Strahlenbrechung, bey welcher Huygens sie ebenfalls brauchet, auf eine Art, die folgendes Bild deutlich machen wird. Man stelle sich eine Reihe Soldaten vor, die nach einer auf die Linie, in welcher sie gestellet sind, senkrechten Richtung, auf einem sehr ebenen Boden marschiren. Der eine Flügel, es sey der linke, treffe an ein

neu gepflügtes Feld, worauf die Soldaten dieses Flügels langsamer gehen mögen, unterdessen daß die auf dem rechten, auf dem ebenen Boden, mit der anfänglichen Geschwindigkeit fortgehen. Wenn die Leute ihre Linie gerade erhalten, und nach einer auf sie senkrechten Richtung fortmarschiren sollen, so muß die Linie sich offenbar um den linken Flügel drehen, und nachdem sie ganz auf das gepflügte Feld gekommen ist, wird ihre Richtung und Geschwindigkeit sich geändert haben, und man wird leicht finden, daß die Sinus der Winkel, welche die beydemaligen Richtungen mit dem Perpendikel auf die Gränze des ebenen und gepflügten Landes machen, sich wie die Geschwindigkeiten auf jenem und diesem verhalten, das ist, in einem gegebenen Verhältnisse mit einander stehen.

Eben so ist es nach Herrn Eulers Beweise mit dem Lichte beschaffen. Die Partikeln des Aethers sind die Soldaten, die Pulsus oder die von dem leuchtenden Körper in dem Aether erregten Bewegungen sind die Linie, in welcher die zu gleicher Zeit in eine ähnliche Bewegung gesetzten Partikeln sich befinden. Indessen ist hier doch ein Unterschied. Die Theilchen des Aethers sollen in einer schwingenden Bewegung seyn; sie selbst rücken nicht immer weiter fort, sondern nur die Pulsus; auch muß, so viel ich einsehe, jedes Theilchen von den benachbarten weder einen Eindruck leiden, noch auf sie verursachen, sondern in der geraden Linie fortzugehen, ungehindert im Stande seyn. Allein, wenn dieses so ist, so dächte ich, daß die Schwingungen jedes Theilchens des Aethers sich nach der geraden Linie fortpflanzen könnten, wenn gleich das Mittel sich ändert.

Die Farben erkläret Hr. Euler aus der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher die Schwingungen des Aethers auf einander folgen. Diejenigen Strahlen, welche aus den häufigsten Schwingungen bestehen, erregen die Empfindung der rothen Farbe; und die, welche aus den wenigsten Schwingungen bestehen, die Empfindung der violetnen. Allein, in den Mem. de l'Acad. Prusse 1752, p. 281 erinnert Hr. E. daß man die Sache auf mehrerley Art erklären könne (kein gutes Symptom bey einer Hypothese) und daß wahrscheinlicher die rothen Strahlen durch eine kleinere Anzahl von Schwingungen hervorgebracht werden müßten, als die violetnen. Keines von beyden möchte sich nunmehr wohl behaupten lassen, nachdem entdecket ist, daß die Brechbarkeit einer Gattung von Strahlen gar nicht von der Brechbarkeit einer andern Gattung abhange, wie sie doch wohl nach jeder dieser Voraussetzungen thun müßte.

Die Körper theilet Hr. Euler, in Absicht auf das Licht, in vier Klassen. Zuerst die, welche durch ihr eigen Licht leuchten; zweytens diejenigen, welche das Licht zurück werfen, das sind solche, deren Theilchen durch das Licht in keine schwingende Bewegung gesetzet werden, sondern von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurück fahren; drittens die durchsichtigen, welche die Schläge des Aethers durch ihre Substanz hindurch fortpflanzen; viertens die undurchsichtigen Körper, deren Theilchen von dem auffallenden Lichte in eine schwingende Bewegung gesetzet werden, und in dem Aether hinwiederum eine solche Bewegung erregen, so wie von zwo gleich gestimmten Saiten die eine ertönt, wenn die andere

andere beweget wird. Die Farbe eines Körpers hängt von dem Grade der Spannung ab, welcher dessen Theilchen eigen ist. Uebrigens kann ein Körper in verschiedener Absicht in mehrere dieser Klassen zugleich gehören.

Hr. Beguelin hat in den neuen Memoiren der Berliner Akademie vom J. 1772 Untersuchungen über die Mittel angestellet, welche man anwenden könnte, um über die Art der Fortpflanzung des Lichtes etwas zu entscheiden. Er findet alle Versuche, die man dazu nehmen möchte, zweydeutig. Derjenige, den er am Ende vorschlägt, möchte außerdem, daß die Ausführung mit vielen Schwierigkeiten verknüpfet ist, nicht weniger Ausflüchte übrig lassen, als die andern. Sonst erzählet er einen von ihm angestellten Versuch, der billig schon längst hätte müssen gemachet werden, dadurch die anziehende Kraft, welche in dem Newtonianischen System die Brechung erklären muß, umgestoßen wird. Er ist dieser: Wenn ein Lichtstrahl parallel mit einer Fläche eines gläsernen Würfels hart an derselben vorbeystreicht, so geht gar kein Licht in das Glas hinein, wie es doch, wenn eine Attraction wirklich da wäre, thun müßte.

Plato schildert in seiner Republik den Zustand gewisser Gefangenen, die er sich in einer langgestreckten Höhle, das Gesicht hineinwärts gekehrt habend, vorstellet, in welchem Zustande sie von ihrer Kindheit an, ohne jemals sich nur mit dem Kopfe rühren zu können, gewesen seyn sollen. Hinter ihrem Rücken soll in der Ferne ein Feuer in die Höhle hineinleuchten, und eine Mauer aufgeführet seyn, jenseits welcher einige Leute die Bilder von Menschen und Thieren herumtragen, und sie dabey so hoch halten, daß der Schatten davon über die Mauer auf die innere Wand der Höhle, den Gefangenen gegen über, falle. Diese sehen also nichts, als die Schatten der Dinge. Würden diese Gefangene, fragt Plato, die Schatten nicht mit eben den Namen belegen, welche sie den Sachen selbst geben würden, wenn sie sie sehen könnten? Wenn ferner in der Höhle ein Wiederhall wäre, welcher die Reden der außen vorbeygehenden ihnen ins Ohr brächte, würden sie den Schall irgend einem andern Dinge, als den Schatten, zuschreiben? Sie würden allerdings nichts als die von außen her verursachten Schatten für wirklich (ἀληθες) halten. Dieses Gleichniß, welches Plato zu einer moralischen Anwendung braucht, kann vielleicht noch besser dienen, unsern Zustand, in Absicht auf die Erkenntniß des Innern der Natur, zu schildern. Wir sind diese Gefangenen; unsere Physik ist die Lehre von dem Schatten solcher Dinge, die wir mit unsern Sinnen nicht fassen. Kein Wunder, wenn wir aus den Begriffen, die wir uns von den Schatten machen, nicht erklären können, warum die Schatten sich so, und nicht anders, uns darstellen. Die Gefangenen müßten Freyheit erhalten, sich umzukehren, und die Dinge, welche die Schatten verursachen, betrachten können.

Zwey=

Zweytes Kapitel.

Von der Eigenschaft einiger Körper, das Licht einzuschlucken und wieder von sich zu geben, insbesondere von dem Bononischen Phosphorus.

Die Hypothese von der Körperlichkeit des Lichtes stimmt besonders gut mit den Erscheinungen an dem Bononischen Steine zusammen, als der die merkwürdige Eigenschaft hat, das Licht einzuschlucken, es eine Zeitlang in sich zu behalten, und es hernach wieder von sich zu geben; besonders weil er bey einem gewissen Grade der Hitze es häufiger aussendet, als bey einem andern. Durch diese Hypothese lassen sich auch einige Ereignisse am leichtesten erklären, welche darthun, daß die Farbe und der innere Bau der Körper bloß durch das Licht, ohne Zuthun der Hitze und anderer Umstände, verändert werden. Von diesen merkwürdigen Entdeckungen will ich in diesem Abschnitte eine kurze Nachricht, in der Ordnung, wie ich sie angeführet habe, mittheilen.

Zusammenhang mit der Lehre vom Lichte.

Niemals hat die Naturlehre demjenigen, was man Zufall nennt, mehr zu danken gehabt, als bey der Entdeckung, daß das Licht von gewissen Körpern sich einschlucken läßt, eine Eigenschaft, die man sonst bloß einem gewissen Mineral in der Nachbarschaft von Bononien zuschrieb, die man aber nachher bey mehrern Körpern gefunden hat. Es war nicht bloß ein einzelnes, weiter führendes Factum, sondern sogar eine ganze Reihe von Factis, welche durch zufällige Beobachtungen bekannt wurden.

Zufällige Entdeckung.

Der Mann, welcher zu allem diesen die Veranlassung gab, war **Vincenzo Cascariolo**, ein Schuster aus Bononien, [a]) der, um ein gewisses chymisches Geheimniß heraus zu bringen, unter andern eine Calcination des ersterwähnten Steines, den man an dem Fuße des benachbarten Berges Paterno findet, versuchte, und dabey zufälliger Weise fand, daß dieser Körper, nachdem er eine Zeitlang im Lichte gelegen hatte, hernach im Dunkeln durch seinen eigenen Glanz völlig sichtbar ward. Diese Entdeckung ward, so viel ich aus den Umständen schließen kann, um das Jahr 1630 gemachet.

Durch einen Schuster in Bononien.

Ein so besonderes Ereigniß mußte nothwendig, sobald es bekannt ward, die Aufmerksamkeit der Naturforscher rege machen. Verschiedene schrieben darüber, unter andern **F. Licetus**, Professor der Physik zu Bononien, **Potterius**, **Celius**, und **Athanasius Kircher**, der sich in der Naturwissenschaft nichts entgehen lies. [b]) Letzterer giebt uns eine umständliche Beschreibung dieses Minerals, und der damals gebräuchlichen Art es zu calciniren, nach welcher es zu einem feinen Pulver zerstoßen, und mit Wasser, Eyweiß oder Leinsaatöl durchgeknetet wird. Man legte die Masse in einen dazu bereiteten Ofen, und wiederhohlte die Operation mehrmals, wenn es nöthig war. Dabey bemerket er, daß dieser Stein nicht bloß in der Nachbarschaft

Weitere Untersuchung.

a) Hooke's experiments by Derham, p. 178.
b) Shotti Magia, vol. 6 p. 94. Memoires de l'Acad. de Paris 1730. p. 749. holl. Ausg.

barschaft von Bononien, sondern auch, wie er es selbst entdecket, in einigen Alaunminen zu Tolpha gefunden wird.

Man darf sich nicht wundern, daß dieser außerordentliche Versuch von einigen aus dem Grundsatze von der Körperlichkeit des Lichtes erkläret ward, welches der Bononische Stein erstlich in sich ziehen, und es, nachdem er es einige Zeit in seinen Zwischenräumchen zurück gehalten, wieder fahren lassen sollte; wiewohl aus Kirchern erhellet, daß dieses nicht die gewöhnliche Meynung seiner Zeitgenossen war. Er selbst nimmt an, daß die Luft mit einem feinen Dunste, der sich leicht erleuchten lasse, angefüllet sey, und daß jener Stein diesen Dunst in sich ziehe. [c])

Auch der Graf **Marsigli** aus Bononien gab über diese Sache eine Schrift heraus, die zu Leipzig 1698 gedruckt ist, und besuchte, um seine Bemerkungen zu berichtigen, und sich wegen gewisser besondern Umstände zu versichern, im September 1711, den Berg Paterno, in Gesellschaft des **Laurentius Galeatius** und **Beccarius**, der sich in der Folge durch seine hieher gehörige Beobachtungen sehr hervor that. [d]) Diese Herren gaben sich mit der chymischen Untersuchung dieses Minerals viel Mühe, und glaubten in demselben etwas Schwefel, wie auch ein alkalisches Salz, gefunden zu haben. [e]) Darauf macheten sie sich an die Untersuchung der verschiedenen Eigenschaften desselben, besonders derer, welche bis dahin noch streitig gewesen waren.

Verschiedene Beobachtungen.

Lemery [f]) und **Marsigli** selbst hatten behauptet, daß der Bononische Stein das gerade auffallende Sonnenlicht nicht so stark, als das durch Zurückwerfung darauf geleitete in sich zöge; allein die in der Folge von ihnen gemacheten Versuche belehreten sie des Gegentheils, und Marsigli nahm seine Meynung öffentlich zurück. [g]) Mit dem Lichte einer Kerze konnten sie ihn zum Leuchten bringen, aber nicht mit dem Mondenlichte, oder demjenigen, was ein anderer Phosphorus von sich gab. [h]) Auch bemerketen sie, daß, wenn ein Theil eines solchen Phosphorus erleuchtet war, das Licht sich dem andern Theile nicht mittheilete. [i]) Sie fanden, daß es bey einigen ihrer besten Stücke hinlänglich war, sie eine Secunde ins Licht zu halten, um sie leuchten zu machen, wiewohl sie es lange nicht so stark thaten, als wenn sie zwo Secunden lang dem Lichte ausgesetzt gewesen waren, in welcher Zeit sie alles mögliche Licht erhielten. Nach vier Minuten nahm das Licht beträchtlich ab, einige aber blieben über dreißig Minuten sichtbar. [k]) Der geringste Grad von Licht, der ihre Phosphoros zum Leuchten bringen konnte, war der, bey welchem sich noch die kleinste Schrift lesen lies. Ueberhaupt schien der erleuchtete Phosphorus roth, war aber das Licht schwach, als wenn man es durch einige Blätter weißes Papiers hatte gehen lassen, so hatte er einen blaßrothen Glanz. [l]) Endlich fanden sie auch, daß solche

c) Ars magna, p. 18.
d) Comm. Bonon. vol. 6. p. 189.
e) Ibid. p. 186.
f) Mem. de l'Acad. de Par. 1730. p. 757.
g) Comm. Bonon. vol. 6. p. 188.
h) Ibid. p. 190.
i) Ibid. p. 191.
k) Ibid. p. 191.
l) Ibid. p. 193.

che Steine, welche sie oft gebraucht hatten, das Licht mehr als andere, oder als sie selbst zu Anfange, in sich zogen.

Dies war es, was durch die vereinigten Bemühungen dieser Naturforscher herausgebracht ward. In der Folge, und zwar um 1728, nahmen **Galeatius** und **Zanottus**, Secretair des Instituts von Bologna, diese Materie wieder vor. Sie fanden, daß unter einem luftleeren Recipienten der Phosphorus etwas weniger Licht in sich zog, und es nicht so lange behielt, wovon die Ursache an dem Glase liegen mochte, wiewohl sie nicht darauf fielen. Zugleich bedachte Zanottus, daß dieser Phosphorus vielleicht dienen könnte, den Streit zu entscheiden, der damals zwischen den Cartesianern und Newtonianern über die Natur des Lichtes sehr lebhaft geführet ward; wie auch die Frage zu beantworten, ob das Licht des Phosphorus fremdes von ihm eingesogenes, oder sein eigenes wäre, welches durch das fremde Licht nur in Wirksamkeit gesetzet worden. Sie hielten also, im Beysein des **Algarotti**, eines großen Anhängers Newtons, einige ihrer besten Stücke Phosphorus in verschiedentlich gefärbtes Licht, welches durch ein Prisma in einem verfinsterten Zimmer hervorgebracht war; allein ob sie gleich einige sehr gute Prismen aus England bekommen hatten, so konnten sie doch keinen irgends merklichen Unterschied wahrnehmen, von welcher Farbe auch das Licht gewesen war, in welches sie den Phosphorus gehalten hatten. Die Erleuchtung war auf diese Art immer schwach. Sie betrachteten auch den leuchtenden Phosphorus durch ein Prisma, konnten aber keinen Unterschied der Farbe daran wahrnehmen. Es war, als wenn sie durch ein Prisma auf schwach glühende Kohlen sähen. m)

Versuche, die Frage von der Natur des Lichtes dadurch zu entscheiden.

Ueberhaupt machet Zanottus, der die Nachricht aufgesetzet hat, den Schluß, daß beyde Hypothesen sich mit den Versuchen vertragen. Aber daß der Phosphorus durch sein eigenthümliches Licht glänze, welches durch das von außen auffallende belebet worden, hält er daher für ausgemachet, weil der Phosphorus bloß leuchtet, ohne die Farbe des Lichtes, in welches er gehalten worden, anzunehmen. Allein es hat neulich der Pater **Beccaria** aus Turin beobachtet, daß Stücke künstlichen Phosphorus, die den Bononischen calcinirten Stein weit übertrafen, wenn sie in Röhren eingeschlossen wurden, in welche das Licht durch gefärbtes Glas fiel, keine als eben diese Farbe zeigten. Auf diese Art wird auch der Phosphorus von jeder besondern Gattung Lichtes weit stärker erleuchtet, als es in dem prismatischen Sonnenbilde möglich war. Dieses scheint demnach die Meynung, daß der Phosphorus eben dasselbe Licht, welches er empfängt, und kein anderes, von sich gebe, außer Streit zu setzen; folglich auch zu beweisen, daß das Licht wirklich aus körperlichen Theilen bestehe, weil es eingesogen, angehalten und wieder zurück gegeben werden kann: und ich zweifle nicht, daß Zanottus, wenn er noch lebet, seine Behauptung zurücknehmen werde.

Künstlicher Phosphorus nimmt die Farbe des auffallenden Lichtes an.

m) Comm. Bonon. vol. 6. p. 205.

Andere Substanzen, welche das Licht in sich ziehen, als Helmonts Kiesel,

Zufälliger Weise ward es gleichfalls entdeckt, daß noch andere Substanzen außer dem Bononischen Steine die Eigenschaft besitzen, das Licht in sich zu ziehen, und wieder von sich zu geben. Von Helmont behauptete schon, daß er einen Kieselstein besäße, der so zubereitet wäre, daß er, nachdem er im Lichte gelegen, im Finstern leuchtete. Aber, entweder weil man seinem Vorgeben nicht Glauben beymaß, oder was sonst die Ursache war, man achtete der Sache weiter nicht. Endlich aber, kurz vor dem Jahre 1677, fand **Christoph Adolph Balduin**, Amtmann an einem gewissen Orte in Meissen, wie er bey seinen Versuchen, den Stein der Weisen zu finden, etwas Kreide in Scheidewasser auflösete, daß das Zurückgebliebene, nach der Destillation, gleich dem berühmten Bononischen Phosphorus, das Licht in sich zöge, und im Dunkeln wieder von sich gäbe. n) Diese Entdeckung war den Liebhabern desto angenehmer, weil es scheint, daß die beste Art, den Bononischen Stein zuzubereiten, bis dahin in der Zagonischen Familie war geheim gehalten worden, die ganz ausgestorben war, ohne daß Jemand aus derselben das Geheimniß entdecket hatte. Dieser Balduinische Phosphorus war aber lange nicht so gut, als der Bononische. Er leuchtete nicht so helle, auch nicht so lange, und bekam die verlohrne Kraft zu leuchten nie wieder. o) Ob das, was hernach unter dem Namen des Balduinischen Phosphorus herumgegangen ist, der wahre Phosphorus des Erfinders war, ist nicht gewiß.

der Balduinische Phosphorus,

und ein Mineral aus der Schweitz.

Außer diesem Balduinischen Phosphorus fand sich dieselbe Eigenschaft auch noch an einem kalkartigen Körper, der in der Nachbarschaft von Bern ausgegraben war, und wovon Hr. **Bourguet** eine Probe nebst einer Abhandlung darüber an die Akademie zu Paris sandte. Man trug die Untersuchung dieses Materials dem wegen seiner Entdeckung in der Electricität so berühmten **Du Fay** auf, dessen Abhandlung darüber man in dem Jahrgange von 1724. findet.

Solche Körper, die sich in Kalk verwandeln lassen.

Man fand weiter keine diesen erstgedachten ähnliche Phosphoros bis zum Jahre 1730, da **Du Fay** eben diese Eigenschaft an allen Körpern entdeckte, welche entweder durchs Feuer allein, oder nachdem sie vorher in der Salpetersäure aufgelöset waren, in Kalk sich verwandeln ließen. p) Er kam auf diese Entdeckungen, wie er, in andern Absichten, mit einigen Edelgesteinen Versuche anstellte. Da bemerkte er, daß der gemeine Topas, durch die Calcinirung, alle Eigenschaften des Bononischen Phosphorus bekam; und darauf fand er sie auch in hohem Grade an Belemniten, Gyps, Kalkstein und Marmor. q) Einige sehr harte Körper dieser Art mußte er vorher in Säuren auflösen, ehe sie durch die Calcination phosphoresciren wollten; und mit einigen andern Arten wollte es ihm selbst auf diese Art nicht gelingen, insbesondere mit Kiesel, Flußsand, Jaspis, Achat und Bergkrystall. r)

Eben

n) Miscell. Berol. vol. I. p. 91.

o) Mem. de l'Acad. de Par. 1693. p. 271. (Mem. de l'Acad. de Paris, 1730. p. 750.)

p) Beccarii Commentarii (de Phosphoris, Graecii 1768) p. 10.

q) Hr Marggraf versichert ausdrücklich im § 13. seiner ersten Abhandlung (M. de Berlin, 1749) daß er weder im Kalksteine, noch Gyps und Marmor, irgend ein Leuchten habe hervor bringen können. K.

r) Mem. de l'Acad. de Par. 1730. p. 754.

Eben dieser Naturforscher entdeckte im Jahre 1734. noch, daß einige Diamanten, ein Smaragd und manche andere Edelgesteine diese Eigenschaft, ohne irgend eine chymische Präparation, besaßen.[s]) Doch konnte er keine Regel finden, die Diamanten, welche diese Eigenschaft an sich hatten, und die, welche sie nicht hatten, von einander zu unterscheiden. Unter andern Versuchen fand er, daß beyde Gattungen, nachdem sie stark erhitzt worden waren, unverändert blieben.[t]) Wie Du Fay diese Eigenschaft an den Diamanten entdeckte, wollte er erforschen, ob sie durch die Erhitzung leuchtend gemachet würden, und legte sie, bloß in der Absicht sie zu erwärmen, in die Sonne. Bey dieser Gelegenheit konnte er nicht umhin, seine Verwunderung zu bezeigen, daß Boyle und andere unter den mancherley Arten, Diamanten zu erhitzen, nicht auf diese von ihm gebrauchte gefallen wären, wodurch sie ohne Zweifel auf die Eigenschaft des Einschluckens des Lichts würden geführet worden seyn.

Diamanten.

Du Fay bemerkte auch, daß alle diese Phosphori ihre Kraft verlohren, wenn sie lange Zeit dem freyen Tageslichte ausgesetzt blieben; daß aber auch einige ihre Schönheit ziemlich lange behielten, wenn sie gleich in Wasser getaucht waren; ferner, daß einige, plötzlich ins Wasser getauchet, einen besonders starken Glanz bekamen, während daß sie im Wasser aufgelöset und dadurch erhitzet wurden, wiewohl dieses nur sehr kurze Zeit dauerte.[u]) Auch beobachtete er, daß einige seiner Diamanten ihren Glanz behielten, nachdem er sie sechs Stunden in schwarzem Wachse eingewickelt gehabt hatte.[v]) Die Ursache des unter diesen Umständen entstandenen Glanzes, welchen Du Fay nicht zu erklären wußte, soll gegen das Ende dieses Abschnittes angegeben werden. Außer dem gemeinen Wasser versuchte er auch, was sonst für Flüßigkeiten diesen Phosphoris die Eigenschaft, das Licht in sich zu ziehen, benehmen könnten, brachte aber seine Versuche darüber nicht zu Ende.

Dauer der leuchtenden Kraft.

Daß einige Diamanten die Eigenschaft des Bononischen Steins besitzen, ward auch vom **Beccarius**, zu gleicher Zeit fast mit Du Fay, entdecket. Eine Wöchnerinn, die er besuchte, und deren Zimmer ziemlich dunkel war, bemerkte, daß der Diamant, den er in einem Ringe am Finger trug, ungewöhnlich stark glänzte. Dieses gab ihm Anlaß, denselben genau zu untersuchen, worauf er fand, daß er wirklich die Eigenschaft, das Licht in sich zu ziehen und wieder von sich zu geben, hatte. Er ertheilte davon der Akademie des Instituts zu Bologna Nachricht im November 1734.[w])

Beccarius entdecket phosphorescirende Diamanten.

Da Beccarius solchergestalt zufälliger Weise gefunden hatte, daß dieser Diamant ein wahrer natürlicher Phosphorus war, so machete er sich mit Fleiß an die Untersuchung aller Arten von Körper, und erfand zu dem Ende ein tragbares Cabinet, in welchem er sich selbst völlig im Dunkeln halten, und ohne Zeitverlust jeden Körper

Suchet die phosphorescirenden Körper auf.

s) Beccarii Comment. p. 12.

t) Hist. de l'Acad. de Paris. 1735. p. 3.

u) Ibid. 1730. p. 70.

v) Hist. de l'Ac. de Paris. 1735. p. 4. (de la cire molle et noire, dont on se sert pour tirer l'empreinte des gravures.)

w) Comm. Bonon. vol. 2. p. 276.

Körper, nachdem er ihn den Sonnenstrahlen ausgesetzet hatte, sogleich betrachten konnte. Auf solche Art fand er, daß fast jede Sache in der Natur mehr oder weniger Licht in sich zieht, und wieder von sich giebt. Sehr mühsam vertheilte er die natürlichen Körper in Klassen, nachdem sie mit oder ohne Vorbereitung phosphorescirен.

Fast alle Substanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche hatten, nachdem sie vollkommen getrocknet waren, diese Eigenschaft, und Papier in einem sehr hohen Grade. x)

Seine fernern Beobachtungen.

Zu den merkwürdigern Beobachtungen des Beccarius, die er in der Folge mit noch mehrerer Sorgfalt als zum erstenmale machete, die er auch in einer zwoten Sammlung, einige Jahre nach der Erscheinung seiner ersten Schrift von dieser Materie, herausgab, gehören folgende. In seinen ersten Versuchen ward das Gelbe vom Ey, nachdem es vollkommen trocken geworden, sehr leicht ein Phosphorus, das Weiße vom Ey aber gar nicht. y) Dieser Umstand hatte ihn sehr in Verlegenheit gesetzet, wiewohl es doch scheint, daß er in der Folge, nach erhaltener größerer Fertigkeit im Beobachten, gefunden haben muß, daß es etwas weniges Licht in sich ziehe, weil er es in seinen letzten Ausnahmen nicht mit anführet. Alle Arten von Erde, selbst die schwarze und rothe, damit es zuerst ihm nicht glücken wollte, nicht ausgenommen, waren phosphorescirend. z) Unter hundert Achaten ward keiner, ausgenommen ein einziger, und dazu sehr schwarzer, gefunden, der nicht in gewissem Grade ein natürlicher Phosphorus war. Dieser aber wollte, selbst von einem Brennspiegel, kein Licht in sich ziehen. a) Metallen und Wasser konnte er nicht den geringsten Grad vom Lichte mittheilen, b) ein Umstand, der erwogen zu werden verdienet, weil diese Körper beyde die Eigenschaft haben, elektrische Leiter zu seyn. Ich habe auch gefunden, daß Achate keine schlechte Leiter sind, und bin geneigt zu glauben, daß diejenigen Holzkohlen, welche gute elektrische Leiter sind, das Licht nicht würden eingesogen haben, obgleich Beccarius von keinem Versuche mit Holzkohlen etwas erwähnet. Er fand überdem, daß sehr wenig Erze phosphorescirend gemachet werden konnten; Vitriole auch nicht, als nur in dem allergeringsten Grade. c) An Oelen fand er zwar diese Eigenschaft, doch nur schwach; d) wobey aber zu bemerken ist, daß sie sehr unvollkommene Elektricitäts-Leiter abgeben. Die Haut verschiedener lebendiger Thiere hielten das Licht ganz offenbar an sich, seine eigene Finger bisweilen. e) Bey einer sehr kalten Witterung glänzte seine Hand ungewöhnlich stark. f)

Als er seine Gedanken, wie es auch Du Fay vor ihm gethan hatte, auf die Untersuchung der Umstände richtete, welche dem Phosphoresciren entgegen sind, fand er, daß, obgleich Wasser keinen Glanz einsaugen wollte, dennoch Eis, und besonders

x) Philos. Trans. abr. vol. 10. pag. 557. Beccarii Comment. p. 44.
y) Beccarii Comment. p. 52.
z) Ibid. p. 91.
a) Ibid. p. 95.
b) Ibid. p. 96.
c) Ibid. p. 98.
d) Ibid. p. 104.
e) Ibid. p. 108.
f) Ibid. p. 110.

ders Schnee, es außerordentlich stark that. g) Er machete drey Kuchen von Thon, deren einen er ziemlich hart backte, den zweeten feucht erhielt, und den dritten frieren lies, worauf er fand, daß der erste und letzte, besonders aber der erste, das Licht in großer Maaße, der mittelste aber sehr kärglich, in sich zog. h)

Marggrafs Untersuchungen.

Aus der Untersuchung des Bononischen Steines, welche man dem vortrefflichen Chymisten, **Marggraf**, zu danken hat, erhellet, daß bey der Calcinirung desselben, so wohl die Berührung der brennenden Materie, als der freye Zugang der Luft nothwendig sind, i) wiewohl bey der Zubereitung des künstlichen Phosphorus, wie ihn Herr **Canton** machet, es auf die Beobachtung dieser Umstände nicht anzukommen scheint. Hr. Marggraf giebt ein Verzeichniß aller Körper, die er in Deutschland finden konnte, welche durch die Calcination die Eigenschaft des Bononischen Steines bekommen; und schließt aus der mit ihnen vorgenommenen Analysis, daß sie alle eine Vitriolsäure, mit einer alkalischen oder kalkartigen Erde verbunden, enthalten. k) Man wird sehen, daß dieses mit den Gründen, worauf des Hrn. **Cantons** Zubereitung beruhet, ganz gut übereinstimmet.

Cantons Phosphorus.

Jetzt will ich dem Leser die Beschreibung der Methode mittheilen, nach welcher Hr. **Canton** einen künstlichen Phosphorus machet, der weit stärker als jeder natürliche ist, und dabey den Vortheil hat, daß man ihn leicht und wohlfeil zubereiten kann; daher es jetzt in eines jeden Vermögen steht, sich und seine Freunde mit diesen artigen Versuchen zu vergnügen. Sein Recept dazu ist folgendes: Man brenne einige gemeine Austerschalen in einem guten Kohlenfeuer während einer halben Stunde zu Kalk, wovon der reinste Theil zu Pulver gestoßen und durchgesiebet werden muß. Zu drey Theilen dieses Pulvers nehme man einen Theil Schwefelblumen; stoße diese Mischung in einen etwa anderthalb Zoll tiefen Schmelztiegel feste hinein, bis er fast voll ist, und setze sie damit mitten ins Feuer, wo sie wenigstens eine Stunde lang roth glühend erhalten werden muß. Hierauf nimmt man sie heraus, um sie abkühlen zu lassen, und wenn sie kalt geworden ist, stößt man sie aus dem Tiegel heraus, und schabet von den Stücken, worinn man sie zerschnitten oder zerbrochen hat, die glänzendsten Theile ab, welche, wenn der Phosphorus gut ist, ein weißes Pulver geben werden, das sich aufbewahren läßt, wenn man es in eine trockne Phiole mit einem geschliffenen Stöpsel thut. l)

Ein

g) Comm. Bonon. vol. 5. p. 106.

h) Ibid. p. 107.

i) Mem. de l'Ac. de Berlin. 1749. p. 56.

k) Ibid. 1750. p. 145. (Es hätte noch angeführet werden müssen, daß Hr. Marggraf im Bononischen Steine und in allen Erdarten, die mit ihm gleiche Erscheinung hervor bringen, fast ½ einer Thonerde entdeckte. Daß hergegen bloße Kalkerde, mit Vitriolsäuren verbunden, als das reine durchsichtige Fraueneiß u. a. ein viel schwächeres, ganz weißes, dem Mondlichte ähnliches Licht gebe. C.)

l) Die Ursache, warum der Cantonische Phosphorus (welcher nichts als eine kalkartige Schwefelleber ist) besser leuchtet, als der mit bloßer Vitrolsäure verfertigte, ist unstreitig in dem mehrern brennbaren Wesen, das bey dem Schwefel ist, zu suchen. Hr. Canton hätte billig, so wie Hr. Marggraf, anführen sollen, ob das Licht, welches sein Phosphorus giebt, ein weißes oder röthliches Licht sey. C.)

Güte desselben.

Ein wenig von diesem Phosphorus giebt, wenn er eben in ein dunkles Zimmer gebracht wird, nachdem er vorher ein Paar Secunden außen vor einem Fenster in das gewöhnliche Tageslicht gehalten ist, so vielen Schein, daß man dabey die Zeit auf einer Uhr erkennen kann, woferne man die Augen vorher zwo oder drey Minuten zugeschlossen gehabt, oder im Dunkeln gewesen ist.

Vermittelst dieses Phosphorus kann man die Himmelskörper, als den Saturn mit seinem Ringe, die Mondsphasen, u. dgl. sehr wohl darstellen, wenn man die Figuren derselben in Holz ausschneidet, sie mit Eyweiß bestreicht, und darauf mit Phosphorus überlegt. Und diese Figuren werden zu Nacht, durch den Blitz von einem nahen Schlage einer elektrisirten Flasche, eben so stark erleuchtend gemachet, als durch das Tageslicht. m)

Versuche damit.

Mit diesem Phosphorus machete Hr. **Canton** viele merkwürdige Versuche, die viel zur Erklärung dieser besondern Eigenschaft der Körper beytragen. Durch einige derselben wird **Lemerys** Behauptung, daß der Phosphorus, wenn er dem Sonnenlichte lange ausgesetzet bleibt, entkräftet werde, umgestoßen. Denn er that von demselben Phosphorus in zwo Glaskugeln, verschloß sie hermetisch, und stellete die eine außen vor ein nach Süden gelegenes Fenster, daß sie den Sonnenstrahlen recht stark ausgesetzet seyn möchte, und lies sie daselbst vom 25sten December 1764 bis zum 25sten December 1765. Die andere Kugel verwahrete er eben so lange an einem dunkeln Orte. Nachher trug er beyde ins Licht, darauf in ein dunkles Zimmer, wo der Phosphorus in beyden gleich helle schien. n) Hr. **Canton** glaubt also, daß, was **Lemery** dem Sonnenlichte zugeschrieben, durch die Feuchtigkeit der Luft veranlasset sey. o) Doch wird aus einigen, in der Folge anzuführenden Versuchen des **Beccarius** erhellen, daß einige empfindlichere Gattungen vom Phosphorus durch die Sonnenstralen wirklich Schaden gelitten haben, ohne daß man es andern Umständen Schuld geben könnte.

Verträgt keine Feuchtigkeit.

Feuchtigkeit vertrug dieser Phosphorus nicht. Da etwas von demselben in eine Glaskugel mit so viel Wasser gethan ward, daß es sich dadurch an die innere Fläche derselben anhieng, und hierauf die Kugel hermetisch zugesiegelt ward: so fand sich, daß er seine Eigenschaft, das Licht in sich zu ziehen, und wieder von sich zu geben, allmählig verlohr; im Sommer aber doch geschwinder als im Winter, so daß man nach dem Ende des ersten Jahres nicht den geringsten Schein daran wahrnehmen konnte, wenn man ihn selbst aus dem stärksten Tageslichte in ein verfinstertes Zimmer brachte. Auch die weiße Farbe desselben verlohr sich allmählig, und verwandelte sich in eine sehr schwarze, besonders auf der Seite nach dem Glase zu. Etwas von diesem Phosphorus, den man mit gemeinem Weingeist an die inwendige Fläche einer hermetisch versiegelten Glaskugel ankleben gemachet hatte, fand man nach

m) Philos. trans. vol. 58. p. 337.

n) Philos. trans. vol. 58. p. 338.

o) Die Ursache, warum dieser Phosphorus seine Eigenschaften zu leuchten nicht verlohr, liegt nicht bloß in der Abhaltung der Feuchtigkeit, sondern weil, wegen des verhinderten Zutrittes der Luft, das brennbare Wesen nicht so leicht verdunsten konnte. C.

nach Verlauf eines Jahres, ein wenig geschwächet; aber denjenigen, den man mit Aethergeiste ankleben gemachet hatte, fand man ganz unverändert. p)

Die Berührung des Weingeistes that dem Phosphorus mehr Schaden, als des Aethers. Denn da er ein wenig Phosphorus mit viel Weingeist vermischt in eine Glaskugel, und mit Aether in eine andere gethan, und beyde hermetisch zugesiegelt hatte; so sahen beyde Flüßigkeiten, wenn die Glaskugeln geschüttelt wurden, wie Milch aus: doch setzte sich der Phosphorus, wenn man mit der Bewegung aufhörte, bald zu Grunde, und der Weingeist so wohl als der Aether wurden wieder klar. Nach einigen Monathen hatte sich der Weingeist gelb gefärbet, der Aether aber blieb unverändert bis zum December 1768, da diese Nachricht der königlichen Gesellschaft vorgelesen ward. Wurden die Kugeln dem Lichte ausgesetzet und dabey geschüttelt, so leuchtete die Flüßigkeit in jeder, nachdem man sie ins Dunkle gebracht hatte, und zwar der Aether eben so stark, als zu allererst, der Weingeist aber etwas weniger. q)

Was die Hitze bey den Phosphoris thue.

Daß die **Hitze** das Ausfahren des Lichtes, welches diese Phosphori vorher in sich gezogen haben, befördert, ist ein starker und offenbarer Beweis für die Körperlichkeit des Lichtes. Dieses hat man schon sehr frühe einigermaßen beobachtet, vollständig aber erst lange nachher.

Menzel, der gleich nach der Entdeckung des Balduinischen Phosphorus schrieb, verglich ihn mit dem Bononischen, und behauptete, daß er die Eigenschaft hätte, bloß durch die Hitze leuchtend zu werden; auch beobachtete **Du Fay**, wie oben erzählet ist, daß sein Diamant noch leuchtete, nachdem er lange Zeit in schwarzem Wachse eingehüllet gewesen war, ein Ereigniß, das ohne Zweifel ebenfalls hieher gehöret; den Grund der Sache entdeckten aber **Beccarius**, **Marggraf** und **Canton**, ohne von einander zu wissen.

nach den Versuchen des Beccarius.

Beccarius, der sich so wie **Du Fay** bemühete, das Licht in seinem phosphorescirenden Diamant gefangen zu halten, bemerkte zufälliger Weise, daß das darinn eine beträchtliche Zeit unwirksam gehaltene Licht durch die Hitze herausgetrieben würde, besonders wenn der Stein vorher sehr erkältet geworden war. Er ließ einen erleuchteten Diamant zween Tage in kaltem Wasser liegen, und fand, wie er ihn darauf in den Mund nahm, daß er dadurch wieder eben so gut glänzte, als damals, wie er ins Wasser geleget ward. Gleich darauf tauchte er ihn wieder ins Wasser, und sein Licht erlosch; es kehrte wieder, da er noch einmal den Stein in den Mund nahm und ihn erwärmte. Diesen Versuch wiederhohlte er so lange, bis kein Licht wieder entstehen wollte, so sehr er auch den Diamant erhitzen mochte. Zuerst glaubte Beccarius mit Menzeln, daß dieses Licht durch die Hitze hervorgebracht würde. Weil er aber durch mehrere Proben fand, daß, ohne den Phosphorus vorher

p) Philos. trans. vol. 58. p. 339. (Die Ursache aller hier angeführten Umstände rühret von der verminderten oder vermehrten Aussonderung des brennbaren Wesens her: das Wasser besonders verursachet das letztere, wie man an Glasers Polychrestsalze sieht, welches aufgelöset mit der Zeit ein völliger vitriolisirter Weinstein wird. C.)

q) Phil. trans. l. c.

her ins Licht gehalten zu haben, die Hitze keine Wirkung that, und daß durch die Hitze die Phosphori eher zu glänzen aufhörten, als sie sonst würden gethan haben, so gab er diese Meynung auf. Unter andern entscheidenden Versuchen, die dies bekräftigten, füllte er eine Glasröhre mit gestoßenem Bononischen Phosphorus, setzte sie dem Lichte aus, hielt sie darauf zur Hälfte in warmes Wasser, und beobachtete, daß diese Hälfte stärker glänzte, als der Theil, der in freyer Luft war; wogegen aber dieser letztere noch lange Zeit seinen Glanz behielt, nachdem der ins Wasser getauchte Theil ihn schon lange verlohren hatte. r)

nach Marggrafs Versuchen.

Hr. **Marggraf** machete dieselbe Beobachtung, verfiel aber dabey in denselben Irrthum mit Beccarius, daß er glaubte, durch Hitze könnte der Phosphorus leuchtend gemachet werden. s) Doch verbesserte er seinen Fehler in einem spätern Aufsatze, t) weil er bemerkte, daß der Phosphorus nicht zum Leuchten konnte gebracht werden, ungeachtet er ihn auf einen heißen Ofen geleget hatte, wofern er nicht zween oder drey Tage vorher ins Licht gebracht worden war. Ueberhaupt hält er es für wahrscheinlich, daß das Licht durch die Attraction in den Phosphorus hineinkomme, und durch die Hitze wieder herausgetrieben werde: denn er bemerkte auch, daß das Licht desselben, wenn er lange auf dem Ofen gelassen wird, sich am Ende gänzlich verliert.

nach Cantons Versuchen.

Hr. **Canton** scheint von Beccarius und Marggrafs Beobachtungen nichts gewußt zu haben, da er dieselbe Entdeckung mit ihnen machete. Seine ist zwar später gemachet; aber weil seine Versuche umständlicher, und mit einer bessern Art von Phosphorus angestellet sind, und uns auch einen deutlichern Begriff von der Stärke dieser Kraft an demselben, und von einigen andern dahin gehörigen Umständen geben, so will ich sie hier etwas ausführlich vortragen. Sie wurden mit dem vortrefflichen künstlichen Phosphorus angestellet, dessen Zubereitung vorher beschrieben ist. Aus vielen Versuchen fand er, daß dieses Material, wenn es das Licht in sich gezogen, und alles, was es in dem gewöhnlichen Zustande der Atmosphäre konnte, wieder von sich gegeben hatte, noch mehr Licht von sich gäbe, wenn man es auf irgend eine Art erhitzte; daß es aber bey demselben fortdaurenden Grade der Hitze nur eine gewisse Zeitlang zu glänzen im Stande wäre. Daraus folgert er, daß das Licht und die Theilchen der natürlichen Körper sich sehr stark einander anziehen, und daß die starken, von der Hitze ihnen mitgetheilten, Schwingungen sie gleichsam nöthigen, sich einander loß zu lassen. Daß das Licht, welches dieser Phosphorus giebt, wenn er bis zu einem gewissen Grade erhitzet wird, von fremden aufgenommenen Theilchen, die er wieder fortstößt, und nicht von seinen eigenen herrühren, folgert er daher, weil das Licht abnimmt und gänzlich aufhöret, noch ehe der Phosphorus heiß genug wird, von selbst zu scheinen, oder Lichttheilchen aus seinem eigenen Körper zu senden.

Er hielt seinen Phosphorus, den er trocken in eine hermetisch versiegelte Glaskugel gethan hatte, gegen das Tageslicht, außen vor einem nach Norden gelegenen Fenster,

r) Comm. Bonon. vol. 2. p. 284. s) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1749. p. 70. t) Ibid. 1750. p. 160.

Fenster, etwa eine halbe Minute lang; verwahrete ihn im Dunkeln drittehalb Tage, worauf er leuchtete, wie man die Kugel, in welcher er befindlich war, in ein Gefäß mit kochendem Wasser tauchte. Den folgenden Morgen ward er wieder gegen das Licht gehalten, und gab, nachdem er fünftehalb Tage im Dunkeln aufbewahret war, und darauf in kochendes Wasser gebracht ward, zwar Licht von sich, aber nicht so viel wie vorher. Im Sommer fand er, daß die Hitze des kochenden Wassers den Phosphorus nach funfzehen Tagen nicht mehr zum Leuchten bringen konnte, dagegen im Winter noch nach einem Monathe sich etwas Licht zeigte.

Stücken Phosphorus wurden, in zwo solche Glaskugeln gethan, zu gleicher Zeit, auf denselben Grad erleuchtet, und darauf in ein dunkles Zimmer gebracht, wo eine von den Kugeln sogleich in kochendes Wasser gethan wurde. Der in demselben enthaltene Phosphorus ward dadurch viel heller, als der in der andern Kugel, und blieb es eine kurze Zeit, verlohr aber sein Licht so geschwinde, daß er in weniger als zehn Minuten ganz dunkel ward. Der andere Phosphorus behielt dagegen ein ziemlich starkes Licht, und blieb länger, als zwo Stunden nachher, noch sichtbar, und alsdenn noch konnte man bloß durch die Wärme der Hand sein Licht merklich vermehren.

Ob der Bonon. Phosphor. heiß oder kalt mehr Licht in sich ziehe.

Der Bononische Phosphorus soll, nach **Lemery** und **Mußchenbroek**, weniger Licht in sich ziehen, wenn er heiß, als wenn er kalt ist, weil er alsdenn in ein finsteres Zimmer gebracht, nicht so helle scheint. Unser Verfasser bemerket aber, daß diese Erscheinung daher rühren könne, daß er in dem erstern Zustande das eingesogene Licht geschwinder fahren läßt, als in dem andern, zufolge des gleich vorher angeführten Versuches. Denn er müsse während der Zeit, daß er von dem Orte, wo er das Licht in sich gezogen, an einen zur Beobachtung hinlänglich dunkeln Ort gebracht wird, mehr Licht verlieren, wenn er heiß, als wenn er kalt ist. Dieses sey auch vermuthlich die Ursache, warum der Bononische Phosphorus niemals so helle scheine, wenn er von den gerade auffallenden Strahlen der Sonne erleuchtet, und folglich erwärmet wird, als wenn er blos in einem schattichten offenen Orte dem gewöhnlichen Tageslichte ausgesetzt gewesen ist. Ich möchte noch hinzu fügen, daß eben deswegen, weil der Phosphorus durch die Hitze vermocht wird, das eingesogene Licht wieder herauszujagen, er dadurch unfähiger gemachet wird, es in sich zu ziehen; daß er also unter diesen Umständen wirklich weniger Licht einnimmt, wie es sich ohne Zweifel bestätigen würde, wenn der Kopf des Beobachters verhüllet, und ihm der Phosphorus, sogleich wie er aus dem Lichte weggenommen wäre, vorgehalten würde.

Noch einige hieher gehörige Versuche.

Die beyden zu dem letzten Versuche gebrauchten Kugeln wurden zween Tage lang nachher im Dunkeln aufbewahret, und darauf jede, in einem verfinsterten Zimmer, zugleich in kochendes Wasser gehalten; worauf der Phosphorus, der das erstemal sein Licht in dem kochenden Wasser verlohren hatte, nicht mehr sichtbar war. Dagegen der andere noch eine ziemliche Zeit leuchtend blieb.

Wenn ein Phosphorus von dem in sich gezogenen Lichte so viel verlohren hatte, als durch die Hitze des kochenden Wassers herausgetrieben werden konnte, so hat er, wie Hr. **Canton** gefunden, nachher niemals wieder Licht bey diesem Grade der Hitze von sich geben wollen. Ward er aber wieder in das gewöhnliche Tageslicht gehalten,

ten, so lies sich der Versuch, mit eben dem Erfolge wie vorher, wiederhohlen. Dieses hat unser Verfasser mit einigen trockenen Phosphoris, die in gläsernen zugeschmolzenen Kugeln verwahret waren, öfters gethan, ohne daß es ihnen im geringsten geschadet hatte.

Man mache das eine Ende einer eisernen etwa einen Zoll im Quadrate dicken Stange, oder auch ein Schüreisen, glühend heiß, lege sie in einem verfinsterten Zimmer horizontal hin, und lasse sie abkühlen, so lange, bis sie zu scheinen aufhöret, oder kaum mehr sichtbar ist. Alsdenn bringe man ein wenig trocknen Phosphorus, welcher in einer zugeschmolzenen Kugel dem Lichte ausgesetzet gewesen ist, so nahe an das heiße Eisen als möglich, indem man die Kugel es berühren läßt; so wird der Phosphorus, wie er saget, wenn er auch gleich vorher nicht sichtbar war, doch in wenig Secunden zu leuchten anfangen, und sein Licht so geschwinde von sich geben, daß er in weniger als einer Minute Zeit völlig erschöpfet ist, und durch dieses Verfahren nicht wieder zum Leuchten gebracht werden kann, wenn er nicht erst wieder dem Lichte ausgesetzet worden ist. Auch wird durch diese Hitze Licht, welches der Phosphorus von einer Lichtflamme, oder selbst vom Monde, erhalten hat, einige Tage nachher noch sichtbar seyn; und wenn er durch die Hitze des kochenden Wassers nicht mehr zum Leuchten gebracht werden konnte, so brachte ihn die Hitze des heißen Eisens dazu. Durch diese gab auch noch Phosphorus, der länger als sechs Monathe im Dunkeln bewahret war, eine beträchtliche Menge Licht von sich. *)

Licht ist vermuthlich eine wirkliche Substanz.

Daß das Licht eine wirkliche Substanz ist, welche aus materiellen Theilchen, die von den leuchtenden Körpern ausfahren, besteht, scheint gleichfalls durch solche Versuche bestätiget zu werden, aus denen erhellet, daß die Farbe und der innere Bau einiger Körper dadurch, daß sie dem Lichte ausgesetzet werden, verändert wird.

Du Hamels Beobachtung von Veränderung der Farbe durch das Licht.

Die erste Beobachtung dieser Art scheint vom Du Hamel gemachet zu seyn, als welcher fand, daß der Saft eines gewissen Schalfisches in der Provence eine schöne Purpurfarbe annahm, wenn sie in das Sonnenlicht gehalten ward, und daß die Farbe desto lebhafter ward, je stärker das Licht war. Stücken Zeuges, die in diese Feuchtigkeit getauchet, und in die Sonne geleget waren, wurden roth, wenn man sie gleich in einem Glase eingeschlossen hatte; aber sie wurden in eben dem Lichte nicht roth, wenn sie mit dem dünnesten metallenen Bleche bedecket waren. Ward die Feuchtigkeit in gläserne Gefäße, die mit geöltem Papiere bedecket waren, gethan, so ward sie

*) Philos. trans. vol. 58. p. 340. (Eine Art des Phosphorus hätte noch der Vollständigkeit wegen angeführet werden müssen, nämlich der fixe Salmiak. Wenn man nämlich die Kalkerde in der Salzsäure auflöset, dieses Mittelsalz im Feuer eine Art der Schmelzung erleiden läßt; so giebt es, (für sich, oder eiserne Stangen damit incrustirt) wenn man stark daran schlägt, im Dunkeln ein phosphorisches Licht. Diesen schon lange bekannten Versuch hat noch neuerlich Hr. Beaume, Chymie experimentale, T. 2. p. 101. wiederhohlet. Hieraus erhellet, daß die Kalkerde in jeder mineralischen Säure aufgelöset, zu leuchten im Stande sey; mit Vitriolsäure, der Bononische Phosphorus; mit Salpetersäure, der Balduinische; mit Salzsäure der fixe Salmiak: und es scheint an der Porosität der Kalkerde zu liegen, daß sie die Feuertheile in sich zu ziehen, und eine Zeitlang aufzubewahren im Stande ist. C.)

sie gefärbet, besonders wenn das Papier selbst violet war; sie blieb ohne Farbe, wenn das Papier trocken gelassen war.

Nach diesem beobachtete auch **Beccarius**, daß eine Masse Hornsilber, welche in die Sonnenstrahlen geleget ward, eine violet Farbe annahm, da eine andere ganz gleichartige Masse, die mit schwarzem Papiere bedecket war, weiß blieb. v)

Aehnliches des Beccarius.

Beccarius scheint nicht gewußt zu haben, welches Ingrediens in dieser Masse die Veränderung verursachete; aber einige Beobachtungen von **J. H. Schulze**, die ich hier anführen will, beweisen, daß es das Silber gewesen seyn muß. Dieser Gelehrte hatte Scheidewasser, worinnen etwas sehr weniges Silber aufgelöset war, auf etwas Kreide, den Balduinischen Phosphorus zu machen, gegossen, und zufälliger Weise diese Arbeit an einem Fenster, in welches die Sonne stark hinein schien, vorgenommen. Zu seiner Verwunderung veränderte sich die Farbe der Oberfläche der Masse in eine ins violet fallende dunkelrothe, während daß der im Schatten liegende Theil diese Farbe gar nicht annahm. Er brachte hierauf die Masse, mit noch mehr Scheidewasser angefeuchtet, in ein Glas, setzte dieses in die Sonne, und fand, daß es auf der nach der Sonne gekehrten Seite gleichfalls eine dunkelrothe ins blaue fallende Farbe annahm. Aus verschiedenen Veränderungen, die er mit diesem Versuche vornahm, fand er gleich, daß diese Wirkung nicht von der **Hitze**, sondern vom **Lichte**, entstand. Denn, wie er einen feinen Faden an dem Glase, auf der Seite nach der Sonne, herunter zog, ward die Farbe der von dem Faden bedeckten Stelle gar nicht verändert, ungeachtet das Glas einige Stunden in der stärksten Sonnenhitze gestanden hatte. Er bedeckte das ganze Glas mit Papier, auf welchem er Buchstaben ausgeschnitten hatte, worauf in kurzer Zeit die Schrift, nachdem das Papier weggenommen war, auf dem kreidigten Bodensatze deutlich zu lesen war. Dieser war, saget er, ein artiger Versuch, den manche, welche den Kunstgriff nicht wußten, vergebens zu erklären suchten.

Genauere von Schulze.

Die Ursache dieser Erscheinung lag, wie er herausbrachte, weder an dem Scheidewasser, noch an der Kreide, sondern an dem wenigen Silber, das in dem Scheidewasser von ungefähr aufgelöset gewesen war. Denn wie er den stärksten Salpetergeist, dergleichen man aus Vitriolöl bereitet, und Scheidewasser, so wie man es von den Apothekern bekömmt, gebrauchte, erfolgte keine Veränderung der Farbe. Als er aber etwas Silber in dem Scheidewasser auflösete, und die Solution mit Wasser schwächte, und sie auf die Kreide goß, fiel die Veränderung weit mehr in die Augen, und desto mehr, je mehr Silber er genommen hatte. Er fand auch, daß ohne Kreide diese Solution in einem offenen Gefäße von den Sonnenstrahlen eine schwärzliche Farbe annahm. An statt der Kreide könne man auch, glaubt er, einen andern weißen Körper, als gebranntes Hirschhorn, Magnesia und dergleichen, brauchen. Es gelung ihm auch mit Bleyweiß, das aber seine Unbequemlichkeiten hat. Schlüßlich erinnert er, daß man hiervon vielleicht einen Gebrauch zur Probirung der Erze auf Silber machen könne. w)

v) Comm. Bonon. vol. 4. p. 75. w) Acta Acad. Caesar. vol. 1. p. 528. seqq.

Versuche mit gefärbtem Bande.

Die Beobachtung des Du Hamel, und die, welche Beccarius selbst von der Veränderung der Farbe an dem Hornsilber gemachet hatte, brachten den letztern, in einer Unterredung, welche er mit einigen Mitgliedern der Bononischen Akademie von der Aufbewahrung der Blumen hatte, auf den Gedanken, ihnen eine Vorsichtsregel, in Absicht auf das Licht bey ihren Versuchen, zu empfehlen. Dem zu folge machete G. Bonzius einige Versuche, welche ziemlich deutlich zu beweisen scheinen, daß manche Farben von dem Lichte, ohne daß Hitze oder sonst etwas sich darinnen mischte, beträchtlich verändert werden. Wie er eine Anzahl verschiedentlich gefärbter Bänder einige Tage lang den Sonnenstrahlen in freyer Luft ausgesetzet gehabt hatte, fand er, daß das rothe, dunkelgrüne und blaue ihren Glanz zum Theil verlohren hatten; daß das violetne so sehr verbleicht war, daß es nicht mehr zu erkennen gewesen wäre, wenn man es nicht vorher bezeichnet gehabt hätte. Das rosenfarbichte war auch fast ganz verschwunden, allein das gelbe und hellgrüne hatten nicht gelitten.

Er brachte Stücken von eben diesen Bändern in einem verfinsterten Zimmer in eine weit größere Hitze, als jene gewesen war; die Farben aber veränderten sich nicht, und verlohren nur etwas von ihrem Glanze. Sie litten auch keine merkliche Veränderung, da man sie eine lange Zeit in einem gegen Norden gelegenen Zimmer hatte liegen lassen, außer daß die Rosenfarbe matter geworden war.

Daß die Luft zu dieser Veränderung der Farbe nichts beytrug, ward daraus klar, daß sie in einem luftleeren Recipienten eben so gut vor sich gieng, wie vorher, wenn man ihn gegen die Lichtstrahlen stellete. Allein, durch das Licht von Fackeln, wenn er es auch durch sehr breite Linsengläser in einen Prennpunct vereinigte, konnte er keine Veränderung bewirken, welches er der Schwäche dieses Lichtes zuschrieb.

Einige muthmaßeten, daß die Sonnenstrahlen diejenigen Theilchen der Körper, von denen die Farben abhangen, zerstreuen möchten. Allein Bonzius bemerkte, daß, wenn er seine Bänder auf weißes Papier gegen das Licht legte, die Farben auf beyden Seiten verbleichten, ohne daß man doch auf den Stellen, wo sie gelegen hatten, etwas finden konnte. x)

Einfluß des Lichtes auf den innern Bau der Körper.

Beccarius selbst muthmaßete, daß viele andere Veränderungen in dem innern Bau der Körper durch das Sonnenlicht möchten hervorgebracht werden, y) und hielt es für gewiß, daß manche Körper, welche die Eigenschaft das Licht in sich zu ziehen

x) Comm. Bonon. Vol. 6. p. 77. seqq.

y) Hieher gehöret der bekannte Versuch, wodurch die Wirkung der Lichtstrahlen, zur Hervorbringung der grünen Farbe der Gewächse, erhellet. Wenn man eine Zwiebel auf ein Glas mit Wasser setzet, beydes in einem Schranke verschließt, durch Hülfe eines Lampenfeuers jene Blätter schießen läßt, und dieselben sogleich mit einer papiernen Tute umschließt, um allen Zutritt der Luft zu verhüten; so werden die Blätter, bis auf die äußerste Spitze, ganz weiß. Setzet man sie hierauf ans Licht, so werden sie grün. Merkwürdig ist es, daß diese grüne Farbe resinös ist, und sich durch Weingeist auflösen läßt; der einzige Theil am ganzen Blatte, der resinös ist; wodurch zugleich die Nothwendigkeit der Feuertheile zur Entstehung der Resine erhellet. C.

ziehen hätten, von den Sonnenstrahlen in dieser Absicht vielen Schaden nähmen. Er fand, daß Papier, nachdem es erst sehr heiß gemachet, und darauf wieder kalt geworden war, einen vortrefflichen Phosphorus dieser Art abgab, der aber, wie er sich gegen seine erste Muthmaßung versicherte, durch die Ausstellung an das Licht sehr geschwächet ward. Er hatte ein Blatt Papier zum Theil bedeckt, zum Theil unbedeckt, nur einige Stunden in die Sonne geleget, hielt darauf das ganze Blatt eine sehr kurze Zeit gegen das Licht, damit beyde Theile es in sich ziehen sollten, und nun leuchtete der bedeckt gewesene Theil im Finstern sehr helle, da der andere kaum sichtbar war. Dieser Unterschied rührte nicht von der Hitze her, welche dieser letztere von den Sonnenstrahlen erhalten hatte. Denn, wie er bey einem andern Blatte Papier zur Bedeckung des einen Theils schwarzes Seidenzeug brauchte, wodurch es offenbar heißer, als der unbedeckte Theil ward, so blieb der Erfolg des Versuches doch noch derselbe. [z])

Eben dies zeigte sich auch bey jedem andern Phosphorus, den er dazu brauchte; und zu dem Ende machete er mit vielen Substanzen aus allen drey Reichen der Natur Versuche. Je stärker das Licht war, und je länger sie demselben ausgesetzet blieben, desto mehr litten sie dadurch. Eine Stunde machete schon einen beträchtlichen Unterschied, und weit weniger Zeit brauchte es dazu, wenn die Strahlen durch einen Brennspiegel in einen Brennpunct vereiniget wurden. [a]) Da er zwey Blätter Papier von mäßiger Dicke über einander legte, ward bloß das obere angegriffen; da er aber drey Blätter, von einer feinern Gattung, nahm, wurden die beyden obersten, aber nicht das unterste, angegriffen.

Der Schade, welchen diese Phosphori von der Ausstellung gegen die Sonnenstrahlen gelitten hatten, verlohr sich nicht mit der Zeit. Einen bewahrte er ein ganzes Jahr in einem dunkeln Zimmer, doch so, daß er der Luft hinlänglich genießen konnte, und er bekam seine vorige Kraft nicht wieder. Er wusch und trocknete ihn, und beräucherte ihn auf alle ersinnliche Arten; allein er konnte ihn, wie er es auch anfangen mochte, nicht wieder zu rechte bringen. Vorher, ehe er von der Sonne untüchtig gemachet worden, war er doch ein sehr vortrefflicher Phosphorus gewesen. [b]) Dieses setzte unsern Naturforscher sehr in Verwunderung, weil sonst ein Phosphorus, der durch die Hitze gelitten hat, durch die Kälte wieder hergestellet wird; oder wenn er durch Feuchtigkeit verdorben ist, seine Kraft alsobald, wenn er vollkommen trocken geworden ist, wieder erhält.

Drittes Kapitel.

Von der äußersten Feinheit und dem höchst geringen Momente des Lichtes, und von des Herrn Boscovich allgemeiner Hypothese.

Wenn man sich das Licht als körperlich vorstellet, so muß man doch zugleich einräumen, daß die Theile, woraus es besteht, äußerst klein sind, und daß, ungeachtet seiner erstaunenden Geschwindigkeit, das Moment desselben höchst geringe ist.

Wir

z) Comm. Bonon. vol. 6. p. 81. a) Ibid. p. 83. b) Ibid. p. 85.

Aeußerste Feinheit des Lichtes.

Wir haben dem vorher erwähnten Herrn **Melville** einige sinnreiche Erläuterungen über die **äußerste Feinheit des Lichtes**, das ist, die unendliche Kleinigkeit der Bestandtheile desselben, zu danken, eine Feinheit, wovon wenige, selbst solche, die die Hypothese annehmen, einigermaßen sich einen Begriff machen.

Die Lichttheilchen liegen sehr weit von einander.

Er bemerket, daß es vermuthlich über dem ganzen Horizonte keinen physikalischen Punct gebe, der nicht nach jedem andern Puncte, wo kein undurchsichtiger im Wege ist, Licht sendet. Das Licht geht nach seinem Wege von einem Sonnensystem zum andern oft durch Ströme von Licht, welches von andern Sonnen herkömmt, ohne daß es durch dieses, oder die Theilchen des elastischen Medium, womit man, einigen Erscheinungen zufolge, den ganzen Weltraum angefüllet halten kann, aufgehalten oder aus seinem Wege gebracht würde. Dieses und andere ähnliche Ereignisse zu erklären, nimmt er an, daß die Theilchen, daraus das Licht besteht, über die maßen weitläuftig von einander liegen; selbst da, wo sie am dicksten bey einander sind; das ist, der Durchmesser zweyer nächster Theilchen in demselben Strahle, oder in verschiedenen, bald nach ihrem Ausgange von dem leuchtenden Körper, muß gegen ihre Entfernung von einander, unvergleichbar klein seyn. [a]) Hätte Hr. Euler, saget er, also bedacht, wie unermeßlich dünne und fein das Licht ist (und dafür müssen es alle halten, welche das Emissions-System annehmen) so würde er dieses System nicht für unverträglich mit der Freyheit und Fortdauer der Bewegungen der Himmelskörper gehalten haben. [b])

Diese Schwierigkeit, warum sich die Lichttheilchen nicht hindern, wird, wie er bemerket, dadurch nicht gehoben, wenn man mit Boscowich und andern annimmt, daß

a) Hr. von Segner (in einem Programm De raritate luminis, Gotting. 1740) berechnet die Zwischenräume der Lichttheilchen folgendergestalt. Aus der Beobachtung, wie langsam eine glühende Kohle im Kreise geschwungen werden dürfe, daß der Kreis noch ununterbrochen helle scheint, folgert er, daß der Eindruck des Lichtes auf das Auge etwa eine halbe Secunde dauren möge, wofür er aber doch nur 6 Tertien setzet. In dieser Zeit beschreibt das Licht fünf Halbmesser der Erde, folglich kann die Entfernung zweyer nach derselben geraden Linie fortgehenden Lichttheilchen fünf solche Halbmesser groß genommen werden, und die Empfindung des Lichtes bleibt ununterbrochen. Ja man kann diese Entfernung noch weit größer machen, wenn man annimmt, daß nicht alle Pünctchen eines empfindbaren Punctes zugleich Licht ins Auge senden, sondern darinnen mit einander abwechseln. K.

b) Edinburgh Essays, vol. 2. p. 17. (Hr. Euler brauchet dies eigentlich als einen Defensivgrund. Die Newtonianer nehmen, saget er, den Himmelsraum leer an, damit die Himmelskörper keinen Widerstand leiden sollen, und erfüllen ihn doch mit den Strahlen, die sich noch dazu so ungeheuer geschwinde bewegen. Also kann man auch einen Aether zur Fortpflanzung des Lichtes annehmen, wenn er nur dünne genug ist, daß die Himmelskörper darinnen keinen größern Widerstand antreffen, als die Beobachtungen zulassen. Er berechnet selbst, daß, wenn die Sonne durch die beständigen Ausflüsse des Lichtes in 5000 Jahren keine merkliche Verminderung ihrer Masse gelitten haben soll, die Strahlen bey unserer Erde dünner seyn müssen, als die Materie der Sonne in dem Verhältnisse einer Trillion zur Einheit, welches große Verhältniß er aber für unwahrscheinlich hält. In der Folge findet er das Product der beyden Zahlen, welche angeben, wie vielmal der Aether, der zur Fortpflanzung

daß jedes Theilchen eine unüberwindliche fortstoßende Kraft besitze, weil auf diese Art die Wirkungsräume ihrer Kräfte mit einander noch mehr sich vermischen, und sie sich daher noch hinderlicher fallen würden. [c])

Es verfließt eine gewisse kleine Zeit zwischen ihrem Ausfahren aus dem leuchtenden Körper.

Hr. **Canton** zeiget, mit Hülfe einer leichten Rechnung, wie man die Schwierigkeit in dem Newtonianischen System, daß die Lichttheilchen sich selbst und andere Theilchen beständig anstoßen müssen, beynahe heben könne. Man muß nur eine ganz kleine Zeit zwischen der Aussendung zweyer in derselben Richtung sich folgender Theilchen, annehmen. Sendet z. E. ein leuchtender Punct auf der Oberfläche der Sonne hundert und funfzig Theilchen in einer Secunde aus, welches überflüßig genug ist, dem Auge ununterbrochen Licht zu verschaffen, so werden doch die Theilchen, wegen ihrer großen Geschwindigkeit, mehr als tausend Meilen hinter einander seyn, und also Platz genug für andere, zwischen ihnen durchzugehen, lassen. [d])

Homberg will an den Lichtstrahlen ein Moment beobachten.

Könnte man an den Lichtstrahlen einiges Moment, einige Bewegung, welche sie den Körpern durch ihren Anstoß mittheilen, bemerken, so wäre dieses ein starker Beweis für ihre Materialität. **Homberg** glaubte, daß er durch den Stoß der Sonnenstrahlen nicht allein Amiant und dergleichen leichte Sachen in Bewegung setzen könnte, sondern auch, daß eine gerade gebogene Uhrfeder, die mit einem Ende in ein Stück Holz befestiget war, eine schwingende Bewegung annähme, wenn der Brennpunct eines 12 bis 13 Zoll breiten Linsenglases darauf fiel. [e]) Diese Beobachtungen, saget der Geschichtschreiber der Akademie, stimmen mit andern, welche die Schwere der Lichtstrahlen beweisen, gut überein. Er saget dies nicht aus Spott, sondern ganz im Ernste, so wie auch **Musschenbroek** diese Versuche von Homberg anführet, ohne über ihre Richtigkeit einen Zweifel zu äußern. [f])

Unrichtigkeit solcher Versuche.

Durch Hrn. **Eulers** Hypothese, daß die Schweife der Kometen Dünste sind, welche durch den Anstoß eben der Schwingungen des Aethers, die das Licht ausmachen, von der Sonne abwärts getrieben werden, ward Hr. **Mairan** veranlasset, diese Sache zu untersuchen; aber die deswegen angestellten Versuche macheten ihm die Wirklichkeit dieses Stoßes des Lichtes zweifelhaft. Die außerordentlichen Wirkungen, welche **Hartsoeker** und **Homberg** dieser Kraft zugeschrieben haben, rührten, wie er zeiget, von einem durch die Hitze der Brenngläser erregten Lichtstrome, oder von einer andern Ursache her, die sie vielleicht übersehen hatten. Die Frage sicherer zu entscheiden, fieng er mit einem Versuche an, da er den Brennpunct eines Linsenglases von vier, und eines andern von sechs Zoll Breite auf eine vier oder sechs Zoll lange Magnetnadel fallen lies; allein es entstand nichts als eine zitternde Bewegung

pflanzung des Lichtes dienet, dünner und elastischer ist, als die Luft, gleich der Zahl 387467100000, und weil er glaubt, die Elasticität des Aethers sey nicht über 1000 mal größer als der Luft, so wird der Aether 387467100 mal dünner seyn als die Luft, oder, wenn man es sich sinnlich machen will, in dem Verhältnisse von 13 Jahren zu einer Secunde. So unbegreiflich dieses Verhältniß auch ist, so reichet es doch lange noch nicht an jenes erstere. K.)

c) Edinburgh Essays vol. 2. p. 18.

d) Philos. trans. vol. 58. p. 344.

e) Hist. de l'Acad. de Par. 1708. p. 25.

f) Introductio, p. 689.

Bewegung, die nichts entschied. Nachher verfertigte er mit Du Fay eine Art Windmühle von Kupfer, die bey dem allerschwächsten Stoße sich bewegte; ungeachtet sie aber den Brennpunct eines sieben oder acht Zoll breiten Linsenglases darauf fallen ließen, so waren sie doch noch nicht im Stande, etwas daraus zu folgern.

Mairans vergebliche Versuche.

Darauf lies Mairan ein eisernes Rad, drey Zoll im Durchmesser groß, mit sechs Speichen, machen, an deren Enden ein kleiner Flügel schief befestiget war. Die Axe des Rades, welche gleichfalls von Eisen war, ward durch Hülfe eines Magnets aufgehänget. Rad und Axe wogen zusammen nicht mehr als 30 Grane; es bewegte sich auch das Rad, wenn die vereinigten Strahlen durch das Brennglas auf die Enden der Speichen fielen: allein so unregelmäßig, daß er die Bewegung nicht anders, als der erhitzten Luft, zuschreiben konnte. Er wollte hierauf die Versuche im luftleeren Raume anstellen, bedachte aber, daß es unnöthig seyn würde. Denn, außer der damit verknüpften Schwierigkeit, glaubte er gewiß, daß unser Dunstkreis noch ein dünner Medium enthalte, welches selbst durch Glas frey hindurch gehe, und dessen Wirklichkeit er in seinem Buche von dem Nordlichte bewiesen zu haben meynte. g)

Michells Versuch.

Hr. Michell bemühete sich vor einigen Jahren auf eine noch genauere Weise, als Homberg und Mairan, sich von dem Momente des Lichtes zu versichern. Ob nun gleich seine Vorrichtung durch den Versuch selbst Schaden nahm, und er denselben auch nicht so weit trieb, als er es sich vorgenommen hatte, so mislung er doch nicht ganz, und kann Anlaß zu wichtigen Folgerungen geben.

Das Werkzeug, dessen er sich bediente, bestand aus einer sehr dünnen kupfernen Platte, ein wenig über einen Zoll im Quadrate, die an das eine Ende einer dünnen Claviersaite, von ungefähr zehn Zollen in der Länge, befestiget war. An der Mitte der Saite war ein achatenes Hütgen, wie in einem kleinen Seecompasse, vermittelst dessen sie sich wie eine Magnetnadel drehete; und an dem andern Ende war ein Hagelkorn von mittlerer Größe zum Gegenwichte der Platte angebracht. Noch war an der Mitte rechtwinklicht auf die Saite, und horizontal ein kleines Stückgen einer sehr dünnen Nehnadel befestiget, das gegen einen halben Zoll lang, und magnetisch war. So mochte das ganze Instrument etwa zehn Grade wiegen. Es ward auf einer sehr spitzigen Nadel gelegt, und drehte sich auf derselben sehr leicht. Damit die Luft es nicht bewegen möchte, ward es in ein Kästgen gethan, dessen Deckel und Vorderseite von Glas waren. Dieses war etwa 12 Zolle lang, 6 Zolle tief, und eben so viel breit, und die Nadel stand in der Mitte aufrecht.

Bey dem Versuche selbst ward der Kasten so gestellet, daß eine Linie von der Sonne gezogen, senkrecht auf die Länge desselben war; und das Instrument ward mit eben dieser Länge parallel, vermittelst des magnetischen Stückes von einer Nadel, und eines von außen gehörig angebrachten Magneten, gerichtet. Dieser Magnet erhielt es, aber mit einer gar kleinen Kraft in jeder Lage. Nun lies man die Sonnenstrahlen von einem Hohlspiegel, der etwa zween Fuß breit war, auf die kupferne Platte,

g) Mem. de l'Acad. de Par. 1747. p. 630.

Platte, durch das Glas auf der Vorderseite des Kastens, fallen, so daß sie auf der Platte sich vereinigten. Die Folge war, daß die kupferne Platte sich langsam, etwa um einen Zoll in einer Secunde, fortbewegte, bis sie etwa drittehalb Zolle zurückgeleget hatte, da sie an das hintere Brett des Kastens anstieß. Wie der Spiegel weggenommen ward, begab sich das Instument, vermittelst der kleinen Nadel und des Magnets, wieder in seine vorige Lage. Der Versuch ward einigemal, immer mit demselben Erfolge, wiederhohlet. Es ward auch das Instrument so gestellet, daß Rechts und Links verwechselt wurden; und auch in dieser Lage fiel der Versuch einigemal auf dieselbe Art aus. Endlich aber ward die Platte durch die starke Hitze gebogen, und kam halb über, halb unter der Saite zu liegen. In dieser Lage ward es, gleich einem Windmühlenflügel, von dem erhitzten Luftstrome, der sich in die Höhe bewegte, gegen den Stoß der Lichtstrahlen angetrieben. Weil er in seinem Hause selbst keinen Brennspiegel hatte, setzte er den Versuch nicht weiter fort. Inzwischen scheint es keinen Zweifel zu haben, daß man nicht jene Bewegung dem Stoße der Lichtstrahlen zuschreiben müsse. Die verschiedenen Gewichte, Maaßen, &c. gab mir Hr. Michell nur aus dem Gedächtnisse an, glaubte aber, daß sie wenig von den wahren abgehen müßten.

Berechnung der Feinheit des Lichtes.

Wenn wir die Bewegung der Platte dem Stoße der Lichtstrahlen zuschreiben, und annehmen, daß das Instrument zehn Gran gewogen, und eine Geschwindigkeit von einem Zolle in einer Secunde erhalten habe, so folget daraus, daß die Menge der Materie, welche die Lichtstrahlen enthielten, die in dieser Zeit auf das Instrument fielen, nicht mehr als Ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Grans beträgt. Denn die Geschwindigkeit des Lichtes ist etwa zwölftausend Millionen mal größer als die Geschwindigkeit von einem Zolle in einer Secunde; das Licht war in dem obigen Versuche von einer Fläche, die etwa drey Quadratfuße betrug, hergeleitet; da diese aber nur etwa die Hälfte von allen auffallenden Strahlen zurück wirft, so wiegt die Menge der Materie, die in den Lichtstrahlen steckt, welche in einer Secunde auf eine Fläche von anderthalb Quadratfuß fallen, nicht mehr als Ein Zwölfhundertmilliontheilchen eines Grans, und was auf eine Fläche von einem Quadratfuß fällt, Ein Achtzehnhundertmilliontheilchen eines Grans. Weil die Dichte der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Sonne größer, als ihre Dichte an der Erde in dem Verhältnisse von 45000 zu 1 ist, so muß ein Quadratfuß auf der Oberfläche der Sonne jede Secunde Ein Vierzigtausendtheilchen eines Grans an Materie verlieren, oder ein wenig über zween Grane in einem Tage, oder etwa 670 Pfund in 6000 Jahren. Dieses würde den Halbmesser der Sonne nicht mehr als etwa um 10 Fuß kleiner machen, wenn sie nur die Dichte des Wassers hätte.

Boscovichs Hypothese.

Den leichtesten Weg, alle Schwierigkeiten in dieser Sache zu heben, und Hrn. **Eulers** Einwürfe gegen die Materialität des Lichtes zu beantworten, giebt die Hypothese des Herrn **Boscovich** an die Hand, als welcher annimmt, daß die Materie nicht undurchdringlich sey, wie man sonst vielleicht allgemein glaubet, sondern daß sie bloß aus physikalischen Puncten bestehe, die mit anziehenden und zurückstoßenden Kräften, welche sich in verschiedenen Entfernungen äußern, begabet sind; das ist,

die mit allerhand Wirkungsräumen der Anziehung und Zurückstoßung umgeben sind, eben so, wie man sie der dichten Materie zu geben pfleget. Woferne also ein Körper hinlängliche Geschwindigkeit, oder genugsames Moment hat, die zurückstoßenden Kräfte, in deren Wirkungsraum er kömmt, alle zu überwinden, so wird er ohne Schwierigkeit durch jeden Körper hin dringen können. Denn auf solche Art kreuzet und durchdringet sich nichts als Kräfte, dergleichen, wie wir sonst wissen, mehrere wirklich in einem und demselben Orte vorhanden sind, und sich einander entweder das Gleichgewicht halten, oder einander überwältigen: eine Sache, wobey man nie einen Widerspruch, oder nur eine Schwierigkeit, gefunden hat.

Wenn das Moment eines solchen bewegten Körpers hinlänglich groß ist, so zeiget **Boscovich**, daß die Theile des Körpers, durch welchen er seinen Weg nimmt, nicht einmal aus ihrer Stelle dadurch gebracht werden. Bey einer etwas geringern Geschwindigkeit werden sie in eine beträchtliche Bewegung, und vielleicht in Brand gerathen, obgleich der Lauf des bewegten Körpers dadurch nicht sonderlich unterbrochen werden mag; und bey einer noch geringern Geschwindigkeit geht er gar nicht durch. [h])

Diese Theorie umständlich auszuführen und zu erörtern, giebt sich Hr. Boscovich viele Mühe, und zeiget, daß sie keinesweges mit irgend einem unsrer Begriffe von den Gesetzen der Mechanik, oder mit unsern Entdeckungen in der Physik streite; daß vielmehr sehr viele Erscheinungen, insbesondere die an dem Lichte, sich daraus weit leichter, als durch jede andere Hypothese, erklären lassen.

Die erste, und in der That die einzige Schwierigkeit, bey dieser Hypothese, als welche die Durchdringbarkeit der Materie [i]) voraussetzet, entsteht aus dem Begriffe, den wir uns einmal von dem Wesen der Materie gemachet haben, und der Schwierigkeit, die wir finden, wenn wir zween Körper in denselben Raum zwingen wollen. Es läßt sich aber beweisen, daß der erste Widerstand, den ein Körper von einem andern findet, nicht von einer wirklichen Berührung der Materie, sondern nur von bloßen zurückstoßenden Kräften entsteht. Diesen Widerstand stellen wir uns leicht als überwindbar vor; lassen alsdenn aber, nachdem wir durch diesen einzigen Wirkungsraum der Zurückstoßung gedrungen sind, den Widerstand der dichten Materie selbst folgen. Eben so stellen sich aber die meisten Menschen schon den ersten Widerstand vor. Warum könnte also nicht der zweete Widerstand bloß ein anderer Wirkungsraum der Zurückstoßung seyn, den zu überwinden, ohne die Ordnung der Bestandtheile zu ändern, bloß eine größere Kraft, als es uns möglich ist, erfodert wird, die sich aber bey einem Körper findet, der sich mit einer so erstaunenden Geschwindigkeit, wie das Licht, beweget?

Michells Erläuterungen.

Auf eine ganz ähnliche, wo nicht vielmehr dieselbe, Hypothese fiel schon in jüngern Jahren mein Freund, Hr. **Michell**, ohne einmal vom Hrn. Boscovich etwas gehöret

h) Theoria Philos. naturalis, p. 167.

i) Die Puncte, woraus B. die natürlichen Körper bestehen läßt, sollen sich nach ihm nicht durchdringen können. Boscovich diss. de lumine. P. 2. §. 10. 11. K.

gehöret zu haben, und zwar bey der Gelegenheit, daß er **Baxtern von der Unkörperlichkeit der Seele** las. Er fand, daß dieser Schriftsteller sich den Begriff von der Materie machete, daß sie gleichsam aus Ziegelsteinen bestünde, die mit einem unkörperlichen Mörtel zusammengefüget wären. Diese Ziegelsteine waren, wenn er nicht mit sich selbst uneins werden wollte, wieder aus kleinern Ziegelsteinen zusammengesetzet, die ebenfalls durch einen unkörperlichen Mörtel verbunden waren, und so immerfort ohne Aufhören. Hr. Michell, der aus diesem Gesichtspuncte die Erscheinungen der Natur zu betrachten anfieng, merkte bald, daß diese Ziegelsteine mit dem unkörperlichen Mörtel so bedeckt würden, daß, wenn sie auch wirklich vorhanden wären, sie so gut wie nicht da seyn müßten, weil jede Wirkung unter zehn Fällen neunmal, und das zehntemal vermuthlich auch, durch diesen unkörperlichen, geistigen und durchdringbaren Mörtel hervorgebracht würde. Anstatt also die Welt auf den Riesen, den Riesen auf die Schildkröte, und die Schildkröte auf etwas, das er nicht weiter wußte, zu setzen, setzte er die Welt mit einemmale auf sich selbst; und da er, um die Erscheinungen in der Natur zu erklären, immer nothwendig fand, neben der undurchdringbaren Materie ausgedehnte und durchdringbare immaterielle Substanzen k) anzunehmen; auch bemerkte, daß alles, was wir durchs Gefühl u. s. w. empfinden, diese durchdringbare immaterielle Substanz, und nicht die undurchdringbare wäre, so kam er auf den Gedanken, daß er so gut **durchdringbare materielle, als durchdringbare immaterielle Substanzen** annehmen könnte, insbesondere, da wir von der Natur einer **Substanz** weiter nichts wissen, als daß es etwas ist, woran **Eigenschaften** haften, welche Eigenschaften man nach Belieben vergesellschaften kann, wenn sie nur nicht mit einander streiten, das ist, eine der andern Daseyn ausschließen. Dieses scheint aber nicht der Fall zu seyn, wenn man zwo Substanzen zu gleicher Zeit in demselben Orte seyn läßt, ohne sich einander zu verdrängen; welches nur wegen des Widerstandes, den man durchs Gefühl antrifft, unbegreiflich scheint, und im Grunde ein Vorurtheil ist: so etwa wie jenes gegen die Antipoden, welche man wegen der allgemeinen Erfahrung leugnete, daß Körper herunterwärts, wie wir es nennen, fallen.

k) Soll vielleicht heißen, immaterielle Substanzen, die die Empfindung der Ausdehnung verursachen. Von Durchdringbarkeit oder Undurchdringbarkeit kann bey immateriellen Substanzen nicht wohl die Frage seyn. Diese Begriffe sind so heterogen, wie die von Teufeln und vom Entzweyhauen und Zusammenheilen dieser Geister. — In Deutschland muß das System, welches die Erscheinungen materieller Dinge von immateriellen Substanzen herleitet, demjenigen nicht neu und fremde seyn, der von Leibnitzens Monadologie gehöret hat. Dergleichen kann man sogar von unsern witzigen Köpfen und Rechtsgelehrten lernen. Der Verfasser der **Einfälle und Begebenheiten** saget: Die Fäden, woraus Leinewand gemachet wird, sind nicht selbst von Leinewand, sondern die Leinewand besteht aus Fäden. So sind auch die Elemente der Körper nicht körperlich. — Mir ist das System, welches die ganze Körperwelt zu Erscheinungen machet, die von unkörperlichen Dingen herrühren, schon deswegen sehr lieb, weil damit ein großer Haufen unnützer und beschwerlicher Grübeleyen an die Seite geschaffet wird. Man muß alsdenn bloß bey den Factis bleiben, ohne die ersten Ursachen erklären zu wollen. **K.**

Man wird mich sowohl wegen der Neuheit als Wichtigkeit dieser Hypothese, besonders in Absicht auf die Erscheinungen des Lichtes, entschuldigen, daß ich mich so lange bey derselben aufgehalten habe. Wenn ich noch einige Veränderung daran machen sollte, so wäre es darinnen, daß die zurückstoßende Kraft, welche zunächst an den untheilbaren Puncten sich äußert, die das, was wir dichte Körper nennen, ausmachen, nicht vollkommen unendlich groß, sondern nur so groß wäre, daß sie durch das Moment des Lichtes überwältiget werden möchte, wodurch man zugleich den Anfangs erwähnten Einwurf des Hrn. Melville heben kann. Bedenkt man inzwischen, daß Boscovich diese zurückstoßende Kraft allernächst seinen Puncten nicht bis auf einen endlichen Raum sich erstrecken läßt, sondern sie auf den untheilbaren Punct selbst einschränket, so kann man es wohl dabey bewenden lassen, weil der Fall des Anstoßens zweener solcher Puncte gegen einander so selten ist, daß man, ihn in Betrachtung zu ziehen, nicht nöthig hat.

Zusatz des Uebersetzers.

Herr Priestley hat in den Zusätzen zu seinem Werke noch eine ihm von Hrn. Michell mitgetheilte Berechnung der Kraft beygefüget, mit welcher leuchtende Körper das Licht aussenden, wie auch derjenigen, welche, da sie sich an der Oberfläche der Körper äußert, die Erscheinung veranlasset, welche man gewöhnlich ihre Undurchdringbarkeit nennt. Weil sie aber durch ihre Weitläuftigkeit die Untersuchung von der Natur des Lichtes, darinn wir so kurzsichtig sind, nur zum Ueberdrusse verlängern würde, so will ich bloß das Resultat derselben hier anführen.

Die Entfernung, in welcher die Körper auf das Licht zu wirken anfangen, sey $\frac{1}{100}$ Zoll; vermuthlich ist sie aber noch kleiner. Alsdenn ist die Kraft, welche die Geschwindigkeit des Lichtes erzeuget, welche einerley mit derjenigen seyn muß, die sie, wie bey der Zurückwerfung aufzuheben im Stande ist, 19 Trillionen mal größer als die Kraft der natürlichen Schwere. So vielmal man jene Entfernung kleiner macht, so vielmal muß man diese Kraft größer ansetzen. Diese erstaunende Kraft, mit welcher die Körper das Licht aussenden, oder welches auf dasselbe hinauskömmt, der Widerstand, den es an ihrer Oberfläche antrifft, zeiget, wie leicht man die Wirkung einer Kraft, die vermuthlich mit jener einerley ist, für eine absolute Undurchdringlichkeit annehmen könne.

Ob man aber nicht diese berechnete Kraft zu einem Einwurfe gegen das Emanationssystem gebrauchen könnte, oder ob man nicht noch besser thäte, seine Unwissenheit in dieser Sache demüthig zu gestehen, und die Rechnung gar nicht zu machen, weil sie vermuthlich auf das Licht gar nicht passet, will ich hier nicht fragen. Das bemerke ich nur, daß es wenigstens sich nicht der Mühe verlohnet, eine so beschwerliche Rechnung darüber anzustellen, wie Hrn. Priestleys Freund sie sich gemacht hat, als deren Abriß im Original fast vier Quartseiten einnimmt. Die Engländer scheinen aber überhaupt noch in mechanischen Rechnungen etwas unbehülf-

lich zu seyn. Ein Schüler von Eulern hätte einem Newtonianer dieses Exempel im Kopfe vorgerechnet. Wenn p : 1 das Verhältniß der beschleunigenden Kraft zur Schwere; g die Höhe des freyen Falles in einer Secunde; s den durch die Wirkung jener Kraft beschriebenen Raum, und c die Geschwindigkeit am Ende des Raums bedeutet, so ist $cc = 4gps$. Für das Licht ist $c = 1000$ Millionen Fuß nächstens; $s = \frac{1}{1200}$ Fuß (per hypoth.) dabey ist $g = 16$ Fuß, alles nach englischem Maaße. Also sieht man gleich, daß p etwa 19 Trillionen beträgt.

Zweyter Abschnitt.

Beobachtungen von der Geschwindigkeit des Lichts.

Die allmählige Fortpflanzung des Lichtes bestätiget.

In dieser Periode meiner Geschichte erhielt man eine merkwürdige Bestätigung der von Römern gemachten Entdeckung der allmähligen Fortpflanzung des Lichts. So wie viele andere große Entdeckungen ward auch diese gemacht, indem der Urheber ganz etwas anders suchte. Mit Vergnügen betrachtet man auch die Folge der verschiedenen Hypothesen, welche sich dem scharfsinnigen Erfinder während seiner Nachforschungen darboten.

Bradleys Beobachtung.

Der königliche Astronom, Bradley und sein Freund, Molyneux, beobachteten in der Absicht, einige von Dr. Hooke gemachte Wahrnehmungen über die Parallaxe der Fixsternen zu berichtigen, den Stern γ des Drachen zu Kew am 20. Decemb. 1725. und fanden, daß er südlicher als zu Anfang dieses Monats und im vorhergehenden, stand. Sie wunderten sich hierüber, und dieses destomehr, weil die Veränderung des Ortes gerade derjenigen entgegen gesetzt war, welche die jährliche Parallaxe hätte hervorbringen müssen. Weil sie aber ziemlich sicher waren, daß die Abweichnng einem Fehler ihrer Beobachtungen nicht ganz könnte zugeschrieben werden, und sie sonst keine Ursache einer solchen scheinbaren Bewegung anzugeben wußten, so fiengen sie an zu argwohnen, daß irgend eine Veränderung mit ihrem Werkzeuge vorgegangen seyn müßte. Eine Zeitlang blieben sie bey diesem Gedanken; allein, wie sie durch verschiedene Proben von der großen Genauigkeit ihres Werkzeuges sich versichert hatten, und aus der allmähligen Zunahme der Entfernung des Sterns vom Pole schlossen, daß eine regelmäßig wirkende Ursache der Erscheinung da seyn müßte, so beobachteten sie jedesmal sorgfältig, wie viel die Zunahme betrug, [a]) und leiteten Anfangs die Bewegung des Sterns von dem Wanken der Erdaxe her. Allein dieses fanden sie bald unzulänglich zu seyn. Sie fanden ferner, daß sie von der Veränderung der Jahrszeiten gar nicht abhienge; worunter sie vermuthlich die Veränderung des Zustandes der Atmossphäre verstanden; und aus der Vergleichung ihrer Beobachtungen erhellte, daß die scheinbaren Unterschiede der Declination von der größten immer dem Queersinus der Entfernung der Sonne von den Puncten der Nachtgleichen beynahe proportional waren. Dieses bewog

a) Philos. trans. abr. vol. 6. p. 168.

bewog sie zu glauben, daß was auch immer die Ursache seyn möchte, sie mit der Lage der Sonne gegen diese Puncte eine Verbindung haben müßte. Weil sie aber um diese Zeit noch nicht im Stande waren, eine Hypothese zur Erklärung aller Erscheinungen anzugeben, und doch große Begierde hatten, in die Sache weiter einzudringen, so richtete Dr. Bradley für sich selbst ein Instrument zu Wansted auf, daß er es immer zur Hand haben, und mit desto mehrerer Bequemlichkeit und Gewißheit den Gesetzen dieser neuen Bewegung nachspüren möchte.

Entdecket die Gesetze der scheinbaren Bewegung der Fixsterne,

Er hatte hier noch nicht lange beobachtet, als er schon wahrnahm, daß der Gedanke, der ihm zuerst aufgestoßen war, nach welchem die Sterne am weitsten gegen Süden oder Norden sich entfernen sollten, wenn die Sonne in der Gegend der Nachtgleichen sich befand, nur bey denjenigen Sternen eintraf, welche um den Colurus der Sonnenstillstände sind. Nach einigen Monathen entdeckte er das allgemeine Gesetz für alle Sterne, daß nämlich jeder stillstehend, oder am nördlichsten und südlichsten ward, wenn er um sechs Uhr Morgens oder Abends beym Zenith durchging. Er bemerkte ferner, daß alle Sterne, in welcher Lage sie sich auch gegen die Cardinalpuncte der Ekliptik befinden mochten, in ihrer scheinbaren Bewegung dieselbe Richtung beobachteten, wenn sie um dieselbe Zeit entweder bey Tage oder bey Nacht durch sein Instrument giengen. Denn sie bewegten sich alle südwärts, wenn sie bey Tage, und nordwärts, wenn sie bey Nacht durchgiengen, so daß jeder am nördlichsten war, wenn er um sechs Uhr des Abends, und am südlichsten, wenn er um sechs Uhr des Morgens daran kam.

Bey genauerer Untersuchung fand er, daß die größte Veränderung der Declination an diesen Sternen sich wie der Sinus der Breite eines jeden verhielte. Hieraus muthmaßte er, daß ein gleiches bey allen übrigen Sternen zutreffen möchte; da er aber fand, daß die Beobachtungen bey einigen mit dieser Voraussetzung nicht völlig übereinstimmen wollten, und nicht wußte, ob er den kleinen Unterschied der Unsicherheit der Beobachtung zuschreiben dürfte, so verschob er die fernere Prüfung dieser Voraussetzung, bis er eine Reihe von Wahrnehmungen durch das ganze Jahr zu Stande gebracht hätte, um daraus nicht allein bestimmen zu können, wie weit man sich auf die Beobachtungen verlassen könnte, oder nicht, sondern auch sich zu versichern, ob das Instrument irgend eine merkliche Veränderung erlitten hätte.

und die Ursache derselben.

Nach verfloßenem Jahre fieng er an, seine Wahrnehmungen mit einander zu vergleichen, und die Ursache der Erscheinungen aufzusuchen, da er die allgemeinen Gesetze derselben schon ziemlich gut zu kennen versichert war. Er war schon gewiß, daß das Wanken der Erdaxe sie nicht hervorbrächte. Eine Veränderung in Richtung des Lothes, dadurch das Instrument beständig berichtiget ward, konnte auch nicht Schuld haben. Die Strahlenbrechung wollte auch kein Gnüge thun. Endlich fiel er darauf, daß alle bisher erzählte Erscheinungen von der allmähligen Fortpflanzung des Lichts, verbunden mit der Bewegung der Erde in ihrer jährlichen Laufbahn, herrührten. Denn er überlegte, daß, wenn das Licht eine gewisse Zeit brauchet, der scheinbare Ort eines unbewegten Gegenstandes für ein bewegtes Auge nicht

nicht derselbe seyn kann, wie für ein ruhendes, wenn das Auge sich nicht in der geraden Richtung nach dem Gegenstande hin beweget, und daß nach der verschiedenen Richtung der Bewegung des Auges der scheinbare Ort des Gegenstandes verschieden ausfallen muß.

Er betrachtete die Sache auf folgende Art. Es sey CA ein Lichtstrahl, der senkrecht auf BD fällt, daß der Gegenstand, wenn das Auge in A ruhend wäre, in der Richtung AC erscheinen müßte, das Licht mag auf dem Wege von C nach A eine Zeit gebrauchen oder nicht. Beweget sich aber das Auge von B nach A, und braucht das Licht eine Zeit, so daß die Geschwindigkeit desselben sich zu der Geschwindigkeit des Auges wie CA zu BA verhält, so ist das Lichttheilchen, durch welches der Gegenstand sichtbar wird, wenn das Auge in A anlangt, in C, da das Auge in B ist. Nachdem er die Linie BC gezogen, sah er sie wie eine unter dem Winkel DBC gegen BD geneigte Röhre, von einem so kleinen Durchmesser an, daß sie nur ein Lichttheilchen fassen könnte. Nun war es leicht zu begreifen, daß das Lichttheilchen in C, durch welches der Gegenstand sichtbar werden muß, wenn das Auge in A angekommen ist, längst der Röhre BC sich bewegen wird, wenn diese gegen BD unter dem Winkel DBC geneigt, und mit dem Auge zugleich von B nach A, sich selbst parellel, fortrücket; daß es aber in das hinter einer solchen Röhre gestellte Auge nicht kommen kann, wenn diese eine andere Neigung gegen BD hat. Oder, anstatt CB eine so dünne Röhre seyn zu lassen, nehme man sie für die Axe einer weitern Röhre an, so wird aus eben dem Grunde das Lichttheilchen von C nicht auf der Axe dieser Röhre bleiben, wenn sie nicht mit BD den Winkel DBC machet. Gleichergestalt, wenn das Auge von D nach A, den entgegengesetzten Weg, aber mit derselben Geschwindigkeit fortrücket, muß die Röhre unter dem Winkel BDC geneigt werden. Wenn also gleich der wahre Ort eines Gegenstandes nach dem Perpendikel auf die Richtung der Bewegung hin liegt, so ist der scheinbare doch auf einer andern Linie, nämlich der Richtung der Röhre; und beyder Unterschied wird, bey sonst gleichen Umständen, größer oder kleiner seyn, nachdem das Verhältniß der Geschwindigkeiten des Lichts und des Auges beschaffen ist. Würde das Licht in einem Augenblicke fortgepflanzet, so würde, der Bewegung des Auges ungeachtet, in diesem Falle kein Unterschied zwischen dem wahren und scheinbaren Orte seyn. Wird aber das Licht allmählig fortgepflanzet, so sind sie unterschieden, es müßte denn das Auge sich gerade nach oder von dem Gegenstande bewegen. Ueberhaupt verhält sich der Sinus des Unterschiedes zwischen dem wahren und scheinbaren Orte zu dem Sinus der scheinbaren Neigung der Linie von dem Gegenstande gegen die Richtung der Bewegung des Auges, wie die Geschwindigkeit des Auges zu der Geschwindigkeit des Lichts. [b])

Erklärung fig. 67.

Hier-

b) Weil die Erklärung der Aberration einige Schwierigkeiten hat, daher auch Hr. de la Lande in seiner Astronomie mehrere Erklärungen von sehr verschiedener Art giebt, so sey es mir erlaubt, hier eine anzuführen, welche mir die einleuchtendeste ist. Es sey (Fig. 68) der Stern in C, das Auge bewege sich von B nach A, und ein Lichttheilchen

komme

Abirrung eines Sternes im Pole der Ekliptik.

Hierauf zeiget er, daß ein Stern, der genau in dem Pole der Ekliptik sich befände, einem Zuschauer auf der Erde, der sich um die Sonne beweget, einen Kreis um den Pol zu beschreiben scheinen müßte, so daß dessen Länge immerfort durchs ganze Jahr mit jedem Puncte der Ekliptik sich ändern würde, die Breite desselben aber unverändert bliebe. Weis man die größte Veränderung des Ortes eines Sterns in dem Pole der Ekliptik, oder, welches auf eines herauskömmt, das Verhältniß der Geschwindigkeiten des Lichtes und der Erde in ihrer Bahn, so kann man, wie er bemerket, den Unterschied zwischen dem wahren und scheinbaren Orte eines jeden andern Sterns wegen der Abirrung für jede Zeit leicht finden; und umgekehrt auch das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten aus dem Unterschiede zwischen dem wahren und scheinbaren Orte.

Berechnung der Geschwindigkeit des Lichtes.

Weil nun die größte Veränderung der Breite an dem Sterne γ des Drachen 39″ beträgt, so würde dieser Stern, wenn er sich gerade in dem Pole der Ekliptik befände, einen Kreis beschreiben, dessen Durchmesser 40″, 4 betrüge. Die Hälfte hievon, nämlich 20″, 2, ist der Winkel ACB, daß also AC zu AB, das ist die Geschwindigkeit des Lichts zu der Geschwindigkeit des Auges (welche man in diesem Falle der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn gleich setzen darf) sich verhält, wie 10210 zu 1; woraus folget, daß das Licht auf dem Wege von der Sonne zur Erde 8′ 12″ brauchet. c) Dieses, bemerket Dr. Bradley, ist vermuthlich richtig, weil es das Mittel zwischen 7 und 11 Minuten ist, welche Zeiten man sonst, nach den verschiedenen Beobachtungen der Finsternisse der Jupiterstrabanten, herausgebracht hatte. Aus der Vergleichung seiner Beobachtungen an andern Sternen folgerte

komme von C, nebst dem Auge von B, in A zu gleicher Zeit an. Man ziehe CB, und ergänze das Parallelogramm ABCD. Nun sey das Lichttheilchen bis E auf CA gekommen. Zieht man EF parallel mit CB an AB, so ist F der Ort des Auges, wenn das Lichttheilchen in E ist. Läßt man EF parallel mit BC und mit der Geschwindigkeit des Auges fortrücken, so bleibt das Lichttheilchen immer auf derselben. Da die Größe von EF nichts zur Sache thut, so mag EF die Axe eines Fernrohres seyn, und es ist klar, daß das Lichttheilchen, welches bey E in das Rohr tritt, nicht nach der Richtung EF, sondern nach EA sich bewegen müsse, wenn es auf der Axe des Rohres bleiben, und der Stern dem Auge in A in der Axe erscheinen soll. Ungeachtet also der Strahl bey A die Richtung AC hat, so hat doch das Rohr die Richtung AG oder AD, und das Instrument giebt den Ort des Sternes nach AD, nicht nach AC an. Die Länge EF ist zwar für die Geschwindigkeit des Lichtes unendlich klein, aber zugleich ist doch das Fortrücken des Rohres gegen die Länge desselben nicht ganz unbeträchtlich, und daher entsteht ein nicht ganz unbeträchtlicher Aberrations-Winkel CAD.

Aus dem Winkel CAD wird ferner die Veränderung des Sterns, in Absicht auf Länge und Breite, Rectascension und Declination, hergeleitet, wozu man die Formeln bey den neuesten astrononomischen Schriftstellern, als de la Caille, de la Lande, findet. K.

c) Wenn BCD zu 40″ gesetzet wird, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes 10313 mal größer, als die Geschwindigkeit der Erde. So hat Bradley am Ende seiner Untersuchungen den Winkel bestimmt. (de la Lande Astron. L. 17. aus den Phil. Transf. nr. 485). Der Winkel BCA (Fig. 67) ist derjenige, welchen die Erde an der Sonne in der Zeit beschreibt, daß das Licht von der Sonne nach der Erde kömmt. Diese Zeit 8′ 7″ ½, wenn BCA 20″ gesetzet wird. K.

gerte er, daß das Licht von der Sonne zur Erde in 8′ 13″ fortgepflanzet werde, und die genaue Uebereinstimmung seiner Beobachtungen versichere ihn, daß er in der Bestimmung des Winkels BCD nicht um eine Secunde fehlen könnte, daß also die Zeit, welche das Licht von der Sonne bis zur Erde brauchet, durch diese Beobachtungen bis auf 5 oder 10 Secunden bestimmt werden mag, eine Genauigkeit, die man von den Finsternissen der Jupiterstrabanten nie hoffen kann.

Melvilles Muthmaßung von der verschiedenen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen.

Melville hielt es für wahrscheinlich, daß die verschiedentlich gefärbten Strahlen mit verschiedentlichen Geschwindigkeiten von dem leuchtenden Körper ausfahren möchten, und glaubte, daß er mit dieser Hypothese in manchen Stücken noch besser als mit der Newtonianischen, nach welcher sie aus Theilchen von verschiedener Größe und Dichtigkeit bestehen, auskommen könnte. Ihre verschiedene Brechbarkeit, bemerket er, bleibt bey dieser Voraussetzung einerley, und ihre Geschwindigkeiten werden sich beynahe [d]) wie die Brechungssinus aus Luft in Glas verhalten, das ist, wenn man mit dem äußersten Roth anfängt, und mit dem äußersten Violet endiget, wie 78000, 77873, 77797, 77663, 77496, 77330, 77220, 77000, wenn der Einfallssinus 120120 ist.

Beantwortung eines Einwurfes.

Den Einwurf, daß die verschiedenen Empfindungen, welche in der Seele entstehen, nicht von der verschiedenen Stärke der Lichtstrahlen entstehen können, weil die Farben gleichartiger Strahlen bey dem Durchgange durch verschiedene Mittel nicht geändert werden, wiewohl ihre Geschwindigkeit dadurch immer entweder vergrößert oder verringert wird, diesen Einwurf beantwortet er so, daß er saget, jeder Strahl, da er zuletzt durch die Feuchtigkeiten des Auges gehen müsse, das Sehen zu bewerkstelligen, falle auf die Netzhaut mit einer bestimmten Geschwindigkeit, wie viel Brechungen er auch vorher gelitten haben möge; weil die Geschwindigkeit jedes Strahls in jedem Mittel zu der Geschwindigkeit desselben in jedem andern in einem unveränderlichen Verhältnisse stehen.

Vorgeschlagene Probe.

Er schlug auch ein Mittel vor, seine Voraussetzung durch die Erfahrung zu prüfen. Denn da nach derselben die Zeit, welche die äußersten violetnen Strahlen auf einem gegebenen Wege brauchen, sich zu der Zeit, welche die äußersten rothen brauchen, wie 78 zu 77 verhält: so müßte das letzte violetne Licht, welches ein Trabante vor seinem gänzlichen Eintritt in den Schatten Jupiters zurücksendet, 32 Secunden später als das zu eben der Zeit zurückgeworfene rothe Licht ins Auge kommen; so wie gegentheils bey dem Austritte Roth den Anfang und Weiß den Beschluß machen müßte. Da der Unterschied der Zeit mehr als eine halbe Minute beträgt, so müßte derselbe sich beobachten lassen.

Courtivrons gleichförmige Hypothese ist der Erfahrung zuwider.

Der Marquis von **Courtivron** hatte in einer 1752 herausgegebenen Schrift eben diese Meinung vorgetragen, und eben dieselbe Probe zu ihrer Bestätigung angegeben; allein anstatt daß Melville die Geschwindigkeit des rothen Lichts nur um $\frac{1}{77}$ größer seyn läßt, als diejenige des violetnen, so setzt der Marquis, einem Theo-

d) Diese beyden Verhältnisse gehen weit von einander ab, wie Clairaut es in den Phil. Trans. vol. 48. p. 777, zeiget. K.

tem zufolge, das **Clairaut** in seiner Untersuchung über die krumme Linie, welche ein Lichtstrahl durch die anziehende Kraft, nach einem jeden beliebigen Gesetze, beschreibt, [e]) bewiesen hatte, das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten wie 45 zu 44 an. Weil aber, wie Hr. Clairaut meldet, **Short** aus seinen Wahrnehmungen geschlossen, daß die Erscheinungen nicht einmal mit der Melvillischen Hypothese übereinstimmen, so kann des Marquis seine noch weniger statt finden. [f])

Noch ein Gegenbeweis.

Herr **Michell** macht die Bemerkung, daß wenn die Verschiedenheit der Farben von der verschiedenen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen herrührte, die Abirrung eines Sterns, in so ferne man ihn durch die violetnen Strahlen sieht, um Ein 77tel größer seyn müßte, als wegen der rothen Strahlen, nämlich nach Melvilles Hypothese, oder um Ein 45tel nach Courtivron; folglich müßte ein Stern in dem Pole der Ekliptik, dessen mittlere Abirrung etwa 20″ beträgt, wie das längliche Farbenbild durch ein Prisma erscheinen, und in der Länge $\frac{20}{70}$″ oder 17‴ nach der ersten Voraussetzung, oder $\frac{20}{45}$″ oder 27‴ nach der andern, halten. Diese Länge würde durch ziemlich große Fernröhre schon sichtbar seyn; allein man hat dergleichen nicht bemerket.

Gänzlich wider die Erfahrung.

Auch Hr. **Clairaut** untersuchet, in einer Abhandlung von den Dollondschen Verbesserungen der Fernröhre, die Hypothese, daß die Verschiedenheit der Brechbarkeit von der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen herkomme, findet aber, daß die Brechungen, wie sie nach diesem Grundsatze sich ereignen müßten, von denen wirklichen, wie man sie in der Natur findet, sehr abgehen würden. [g])

Muſſchenbroeks Gedanken.

Muſſchenbroek schließt daraus, daß die rothen Strahlen weniger brechbar sind als die andern, daß sie nach ihrer Absonderung von diesen sich langsamer bewegen, wiewohl er aus astronomischen Beobachtungen gezwungen ist zuzugeben, daß sie mit andern Strahlen vermischt, gleich geschwinde mit ihnen fortgehen. Uebrigens glaubet er nicht, daß die Farbe von der Geschwindigkeit der Strahlen abhange, aus dem Grunde, weil bey ihrem Durchgange durch ein neues Medium, da die Geschwindigkeit sich ändert, auch ihre Farbe sich ändern müßte. [h]) Er dachte aber nicht an dasjenige, was erst nach Hrn. Melville angeführet ist, daß durch welcherley Mittel auch ein Strahl gehen mag, er am Ende doch auf der Netzhaut, da er durch dieselben Feuchtigkeiten des Auges gehen muß, mit derselben Geschwindigkeit anlangt.

Die Farben hängen nicht von der Geschwindigkeit der Strahlen ab.

Zu bemerken ist aber, daß aus Dollonds unten zu erzählenden Versuchen offenbar erhellen wird, daß die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen von Eigenschaften abhängt, die mit der Geschwindigkeit derselben nichts zu thun haben, weil das Verhältniß der Brechbarkeit nach Beschaffenheit der Körper, worauf das Licht fällt, verschieden ist.

e) Mem. de l'Acad. de Paris, 1738. pag. 350.

f) Phil. Transf. vol. 48. p. 777. (Melvilles und des Marquis Hypothesen sind eigentlich einerley; jener aber hat unrichtig gerechnet, dieser richtig. K.)

g) Hist. de l'Ac. de Paris, 1756. p. 194.

h) Introductio, vol. 2, p. 725.

Ich füge diesem Abschnitte noch folgenden neuen Beweisgrund bey, welchen Hr. Euler für die Copernicanische Weltordnung aus der allmähligen Fortpflanzung des Lichtes hernimmt. Er zeiget nämlich, daß ungeachtet aus der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe keine merkliche Veränderung in den beobachteten Stellen der Himmelskörper erfolgen kann, dennoch aus einer so höchst schnellen Bewegung, als das Ptolemäische System den Fixsternen giebt, eine sehr beträchtliche entstehen müßte. Ungeachtet Hr. Euler das Licht in den Schwingungen eines ätherischen Mittels bestehen läßt, so stellet er seine Rechnungen doch sowohl nach seiner, als der Newtonianischen Hypothese an, und zeigt, in welchen Stücken die Resultate von einander abgehen würden; wiewohl dieser Unterschied, saget er, zu klein ist, als daß die Frage sich daraus entscheiden ließe. [i])

Beweisgrund für die Copernicanische Weltordnung.

Dritter Abschnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen, die Zurückwerfung des Lichtes betreffend.

Erstes Kapitel.

Beobachtungen über die Zurückwerfung des Lichtes von der Oberfläche der Körper.

Das beste, was ich dem Leser über den Gegenstand dieses Abschnittes vorlegen kann, hat man dem Herrn Bouguer zu danken, eben dem Gelehrten, der in Gesellschaft mit Ulloa, Condamine und andern, die Reise nach Peru unternahm, daselbst einen Grad der Breite unter dem Aequator auszumessen, und der uns auch eine Beschreibung dieser Reiche geliefert hat. Kein Naturkündiger hat seit Newtons Zeiten die Lehre vom Lichte so sorgfältig untersuchet, als eben Hr. Bouguer, und nach den Bemühungen jenes großen Philosophen scheinen seine am glücklichsten ausgefallen zu seyn. Die Absicht seiner sinnreichen und genauen Versuche war, die Stärke des Lichtes, sowohl des von den Körpern ausfahrenden, als zurückgeworfenen oder gebrochenen zu messen. Die erste Veranlassung dazu war ein Aufsatz vom Mairan in den Schriften der Pariser Akademie von 1721, in welcher das Verhältniß des Sonnenlichtes zur Zeit des einen und andern Stillstandes als bekannt angenommen wurde. Seine lobenswürdige Bemühung, das, was man bis dahin als ausgemachet angenommen hatte, zu prüfen, leitete ihn zu mancherley Versuchen, und eröffnete ihm, so wie der Welt, ein neues Feld optischer Kenntnisse. Seine erste Arbeit in diesem Felde erschien unter dem Titel, Essai d'Optique, [a]) und ward mit allgemeinem Beyfall aufgenommen. In der Folge entwarf er, bey noch tieferer Untersuchung der Materie, den Plan zu einem weit größern Werke, das auch vielmehr Versuche erfor-

Bouguers Verdienste um die Ausmessung des Lichtes.

Oo 3

i) Comm. Petrop. vol. 2. p. 174. 193.

a) Im Jahre 1729. in 12mo. R.

erforderte; allein wegen mancherley Abhaltungen konnte er seine Arbeit nicht so früh zu Stande bringen, als er es sich vorgenommen hatte, so daß sie bey seinem 1758 erfolgten Tode nur eben fertig geworden war. Die Herausgabe dieses Werkes, welches 1760 zu Paris, unter dem Titel, Traité d'Optique, [b]) herausgekommen ist, besorgte sein Freund, de la Caille.

Seine Vorsichtigkeit bey den Versuchen.

Gleich der Eingang des Werkes erwecket das angenehmste Zutrauen zu den Versuchen des Verfassers, indem er darinn die mancherley Anstalten beschreibt, die er gemacht, um seine Versuche aufs genaueste und vorsichtigste anzustellen, und wodurch er, allem Anscheine nach, sich gegen jeden Fehler, insbesondere gegen die Einwürfe verwahrt haben muß, denen die wenigen vor ihm gemachten ähnlichen Versuche ausgesetzt gewesen waren. Um die verschiedene Stärke des Lichtes zu messen, wußte er die Körper, welche es aussendeten, oder davon erleuchtet wurden, so zu stellen, daß er sie zu gleicher Zeit deutlich betrachten konnte, und veränderte entweder die Entfernungen dieser Körper, oder modificirte ihr Licht auf andere Art so lange, bis er keinen Unterschied mehr daran wahrnehmen konnte. Aus ihren Entfernungen, oder andern Umständen, welche auf die Erleuchtung einen Einfluß hatten, berechnete er alsdenn das Verhältniß der Erleuchtung in denselben Entfernungen oder unter denselben Umständen.

Beyspiele seiner Versuche über die Zurückwerfung.

fig. 69.

Einen hinlänglich deutlichen Begriff von dem Verfahren des Hrn. Bouguer, das zurückgeworfene Licht zu messen, wird der Leser aus der Beschreibung einer und der andern Art desselben erhalten. Die Größe des Verlustes am Lichte bey der Zurückwerfung zu erfahren, setzte er den Spiegel B, mit welchem der Versuch sollte angestellet werden, völlig senkrecht, stellte zwey Täfelchen, die genau von einerley Farbe oder gleich weiß waren, in einer vollkommen parallelen Lage mit einander in E und D, [c]) und lies das Licht einer Lampe oder Kerze, die auf der geraden Linie ED zwischen ihnen gestellet war, auf beyde fallen. Darauf stellte er sich in A so, daß er das Täfelchen E und das Bild des Täfelchen D, welches der Spiegel B zurückwarf,

[b]) Traité d'Optique sur la gradation de la lumiere &c. 368. S. gr. 4. mit 7. Kupf. Es ist auch zu Wien 1762 ins Lateinische übersetzet herausgekommen. Merkwürdig ist es, daß von diesem, erst in unsern Zeiten ausgearbeiteten Hauptteile der Optik, zugleich mit dem französischen Werke auch in Deutschland ein System erschienen, nämlich des Hrn. Lamberts Photometria, siue de mensura et gradibus luminis, colorum et vmbrae. Augustae Vindelicorum, 1760. 547. S. 8. mit 8. K. In Absicht auf das Aeußerliche des Buches und die Leichtigkeit des Vortrages möchte wohl das französische Werk vor dem Deutschen einen Vorzug haben, wie dieses oft der Fall zwischen uns und unsern Nachbarn an der andern Seite des Rheins ist; allein dagegen möchte wohl das Deutsche an systematischer Gründlichkeit und Vollständigkeit, an tieferer mathematischer Berechnung, auch sogar an Erfindung und Benutzung der dienlichen Versuche sehr gewinnen — Hr. Priestley hat von dem Lambertinischen Werke keinen Gebrauch machen können, weil er, wie er in einer am Ende angehängten Nachricht meldet, aller Mühe ungeachtet es nicht erhalten gekonnt hat. K.

[c]) und gleichweit von C, wo die verlängerte Ebene des Spiegels die Linie ED schnitte. K.

rückwarf, zu gleicher Zeit hart neben einander erblickte. Hierauf lies er die Lampe längst der Linie ED so lange verrücken, bis beyde Flächen ihm völlig gleich erleuchtet schienen. Nun hatte er nichts weiter zu thun, als die Entfernungen EP und DP zu messen, deren Quadrate nämlich das Verhältniß der Verminderung des Lichtes durch die Zurückwerfung angeben. Denn wenn der Spiegel alles auffallende Licht wieder zurücksendete, so müßte die Lampe in C, in gleicher Entfernung von beyden Täfelchen gesetzt worden seyn, wenn beyde gleich stark erleuchtet scheinen sollten. Weil aber durch die Zurückstrahlung viel Licht verlohren geht, so können beyde Flächen nicht gleich helle scheinen, woferne nicht die Lampe näher an das Täfelchen, das durch zurückgeworfenes Licht sichtbar wird, zu stehen kömmt.

Wenn das Licht sehr schief auf den Spiegel fallen sollte, so erwählte er folgendes Verfahren. Die Lampe oder die Kerze P ward nahe bey dem Spiegel B entweder darüber oder ein wenig zur Seiten gestellet, und die Täfelchen D und E fast senkrecht davon erleuchtet. Jenes sahe man durch die Zurückstrahlung im Spiegel, welche unter einem kleinen Winkel geschah, dieses durch das gerade daher kommende Licht, hart neben dem Bilde des erstern. Darauf ward das Täfelchen E so lange von dem Spiegel weggerücket, bis daß es nicht heller schien, als das Bild des Täfelchens D. Die Quadrate der Entfernungen PE und PD geben das Verhältniß der Stärke des auffallenden und zurückgeworfenen Lichtes an. fig. 70.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, daß bey diesen Versuchen kein Licht als von dem Täfelchen D auf den Spiegel fallen durfte, daß das Auge des Beobachters im Schatten war, und daß jede sonst nöthige Vorsicht beobachtet wurde, die Folgerungen unzweifelhaft zu machen.

Um den Verlust des Lichtes durch die Zurückstrahlung aufs genaueste zu bestimmen, lies Bouguer zween Lichtstrahlen in ein verfinstertes Zimmer fallen, nämlich durch die Oeffnungen P und Q, die er so angebracht hatte, daß er sie höher oder niedriger, größer oder kleiner machen konnte, und stellte in O einen Spiegel horizontal, oder auch ein Gefäs mit einer flüßigen Materie, wovon das durch P einfallende Licht nach R auf dem Rahmen GH hingeworfen ward. Hier verglich er es mit dem Lichte, das durch das Loch Q auf S fiel, und machte dieses Loch so viel kleiner als P, daß die Räume bey R und S gleich stark erleuchtet waren. Aus dem Verhältnisse der Oeffnungen P und Q berechnete er die Größe des Verlustes durch die Zurückwerfung bey O. [d]) fig. 71.

Ehe ich aber die Resultate seiner Versuche von dem Verluste, den das Licht durch die Zurückwerfung unter mancherley Umständen leidet, erzähle, will ich erst einige Erfahrungen anführen, welche von Büffon vor Bouguer über eben diese Sache, wie auch über den Verlust, den das Licht auf dem Durchgange durch eine lange Strecke Luft leidet, zu der Zeit gemacht hat, da er seine Maschine in großen Weiten zu zünden verfertigte.

Dieser

d) Traité d'Optique, p. 17. 19. 28.

Von Büffons Versuche.

Dieser lies das Sonnenlicht in ein dunkles Zimmer fallen, und verglich es mit eben diesem Lichte, das von einem Spiegel zurück geworfen ward, woraus er schloß, daß in kleinen Entfernungen, als von vier bis fünf Fuß, ungefähr die Hälfte durch die Zurückstrahlung verlohren gienge. Denn wie er zween zurück geworfene Strahlen auf denselben Fleck leitete, und ihr Licht mit dem gerade auffallenden verglich, schien ihm beydes gleich stark zu seyn.

Wie er das Licht in größern Weiten, als 100, 200 und 300 Fuß auffieng, verlohr es, soviel er bemerken konnte, von seiner Intensität nichts dadurch, daß es durch so viel Luft gehen mußte.

Eben diesen Versuch stellete er hernach mit Kerzen auf folgende Art an. Er setzte sich, in einem vollkommen dunkeln Zimmer, einem Spiegel gegen über mit einem Buche in der Hand. In einem daran stoßenden Zimmer lies er, etwa 40 Fuß weit, eine einzige Kerze anzünden, und sie allmählig näher bringen, bis daß er die Buchstaben in dem Buche unterscheiden konnte, welches in einer Entfernung von 24 Fuß der Kerze von dem Buche geschah. Darauf kehrte er das Buch gegen den Spiegel, um vermittelst eben dieses zurück geworfenen Lichtes zu lesen, wobey er alles Licht ausschloß, was nicht von dem Spiegel auf das Buch fiel, und fand, daß er, um die Buchstaben erkennen zu können, das Licht dem Buche bis auf 15 Fuß nähern lassen mußte, in welche Entfernung beyder die Weite des Buches vom Spiegel, so nur ein halber Fuß war, einzuschließen ist. Er wiederhohlte den Versuch einigemal, und fand fast immer den nämlichen Erfolg, woraus er also schloß, daß die Menge des gerade auffallenden Lichtes sich zu der Menge des zurück geworfenen wie 576 zu 225 verhielt, oder daß fünf Kerzen, deren Licht von einem Glasspiegel zurück geworfen wird, ungefähr so viel Wirkung thun, als das gerade auffallende von zwoen Kerzen.

Es erhellet aus diesen Versuchen, daß das Kerzenlicht durch die Zurückwerfung mehr Verlust leidet, als das Sonnenlicht, welches von Büffon dem Umstande zuschreibt, daß jenes mehr auseinander fährt, und daher schiefer auf den Spiegel fällt, als das Licht der Sonne, deren Strahlen fast parallel sind. e)

Bouguer von der Zurückwerfung des Glases.

Diese Versuche des Hrn. von Büffon sind ganz artig, sie reichen aber doch lange nicht an die vom Hrn. Bouguer angestellten, sowohl in Absicht auf die Umständlichkeit als Genauigkeit. Von diesen will ich nun zuerst diejenigen anführen, welche er zu dem Ende machete, daß er den Unterschied der Lichtmenge, welche Glas und polirtes Metall zurück wirft, bestimmen möchte. Er nahm ein recht reines Stück Glas, eine Linie dick, welches er dazu besonders foliiren lies, und fand, daß, wenn es unter einem Winkel von 15 Grad gegen die auffallenden Strahlen geneigt war, von 1000 auffallenden 628 zurück gesandt wurden, da hingegen ein metallener Spiegel, unter denselben Umständen nur 561 zurück gab. Bey einem kleinern Neigungswinkel ward mehr Licht zurück gesandt; denn bey einem Winkel von drey Grad

e) Mem. de l'Acad. de Par. 1747. p. 123.

Grad warf der gläserne Spiegel 700 zurück, der metallene schwächte das Licht auch weniger, als vorher. f)

Er untersuchete auch die Zurückstrahlung unpolirter Körper, und fand, daß ein Stück weißen Gyps, auf welches die Strahlen einer 9 Zoll davon entfernten Kerze, unter einem Winkel von 75 Grad, fielen, den 150sten Theil des auffallenden Lichtes auf eine 3 Zoll entfernte Fläche zurück sendete. Feines weißes Papier verhielt sich gleichmäßig. g)

Des weißen Gypses.

Bey dem Verfolge seiner Untersuchungen über die Zurückwerfung des Lichtes, schicket er folgende zween Lehrsätze voran, welche er geometrisch beweist. Der erste: wenn der leuchtende Körper unendlich weit entfernt ist, und eine vollkommen polirte Kugel, die gar kein Licht verschlucket, davon erleuchtet wird, so wirft diese Kugel das Licht nach allen Seiten herum in gleicher Stärke zurück, wofern man es in einer sehr weiten Entfernung auffängt. Hiervon wird bloß der Raum ausgenommen, in welchen der Schatten der Kugel fällt, den man aber gegen den unermeßlichen Umfang der sphärischen Fläche, auf welcher das zurück geworfene Licht verbreitet wird, wie nichts zu rechnen hat. h) Der zweyte: es wird nach einer gewissen Richtung immer gleich viel Licht zurück geworfen, es mag von einer großen Menge neben einander liegender kleiner polirter Halbkugeln, oder von einer kleinern Menge größerer Halbkugeln, oder endlich von einer einzigen Halbkugel, zurück gesandt werden, wenn sie nur jedesmal dieselbe Grundfläche bedecken. i) Diese Lehrsätze nützet er dazu, zu beurtheilen, ob der Verlust des Lichtes bey der Zurückwerfung hauptsächlich von einer Vernichtung der Strahlen herrührt; oder daher entsteht, daß die kleinen Hügelchen oder Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper nicht wie kleine Halbkugeln betrachtet werden können.

Zween photometrische Lehrsätze.

Zuerst bemerket er, daß bey der Zurückwerfung des Lichtes vom Quecksilber wenigstens ein Viertheil verlohren geht, und daß vermuthlich kein Körper weniger Licht verschlucke. Der Einfallswinkel betrug $11\frac{1}{2}$ Grad, worunter er, wie er ausdrücklich erinnert, den Winkel der Strahlen mit der Fläche, nicht mit dem Perpendikel, versteht. k)

Quecksilber verschlucket wenigstens ein Viertheil des auffallenden Lichtes.

Die merkwürdigsten hieher gehörigen Beobachtungen sind die, welche den großen Unterschied der Menge des zurück geworfenen Lichtes zeigen, nachdem es unter einem kleinern oder größern Winkel auffällt. l) Ueberhaupt, saget er, ist bey kleinen Neigungswinkeln die Zurückstrahlung stärker, als bey größern. Sehr groß ist der Unter-

bey kleinen Neigungswinkeln wird mehr Licht zurückgeworfen.

f) Traité d'Optique, p. 57.

g) Ibid. p. 69.

h) Ibid. p. 109.

i) Ibid. p. 113.

k) Ibid. p. 124. Ich werde den Ausdruck Neigungswinkel brauchen, wo der Winkel des Strahls mit der Fläche zu verstehen ist. Hr. Lambert brauchet den Ausdruck, Einfallswinkel, auch wie Bouguer, und nennt Neigungswinkel, was man sonst Einfallswinkel nennt. K.)

l) Boscovich bemerket, daß die Ursache, weswegen von dem auf eine Oberfläche fallenden Lichte bey sehr schiefen Neigungswinkeln mehr zurück geworfen wird, diese sey, daß alsdenn die Geschwindigkeit nach der senkrechten Linie kleiner ist; daher alsdenn die Kraft, welche sich an der Oberfläche äu-ßert,

Unterschied, wenn die Strahlen mit verschiedenen Neigungen auf sehr durchsichtige Körper fallen; allein auch an gewissen undurchsichtigen Körpern ist er fast eben so groß, und es ist kein Körper, bey dem er sich nicht äußerte. Am meisten zeigte er sich am schwarzen Marmor, der zwar nicht eine vollkommene Politur hatte, und doch unter einem Neigungswinkel von 3 Gr. 35 M. fast eben so viel Licht, wie Quecksilber, zurückwarf. Von 1000 Strahlen, die darauf fielen, warf er 600 wieder zurück; allein bey einem Neigungswinkel von 15 Gr. warf er nur 156 zurück; bey 30 Graden nur 51, und bey 80 Graden nur 23. Dergleichen Versuche stellete er auch mit metallenen Spiegeln an, bey welchen sich aber weit geringere Unterschiede zeigten. [m])

Zurückwerfung vom Wasser.

Der große Unterschied der Lichtmenge, welche von der Oberfläche des Wassers, unter verschiedenen Neigungswinkeln zurückgesandt wird, ist wirklich unerwartet; am meisten aber fällt er in die Augen, wenn man die kleinsten Neigungswinkel mit solchen vergleicht, die dem rechten nahe kommen. Er glaubte sogar zu bemerken, daß bey sehr kleinen Neigungswinkeln Wasser noch mehr Licht zurückwürfe, als Quecksilber. Indessen mochte es wohl weniger seyn, allein der Unterschied ist schwer zu bestimmen. Bey den kleinsten Neigungswinkeln war das vom Wasser zurückgeworfene Licht drey Viertheile des auffallenden.

Jeder wird, fährt er fort, diese starke Zurückstrahlung von der Oberfläche des Wassers bemerket haben, wenn er an dem Rande eines Teiches, der Sonne gegen über, bey einem heitern und stillen Wetter spatzieren gegangen ist. Alsdenn ist das zurückgeworfene Licht manchmal der dritte Theil, die Hälfte, oder selbst noch ein größerer Theil des gerade von der Sonne herkommenden Lichtes, und beydes zusammen muß nothwendig einen starken Eindruck machen. Das gerade Sonnenlicht nimmt in einem gewissen Verhältnisse ab, je niedriger die Sonne steht, da hingegen das zurückgeworfene zunimmt, so, daß es eine gewisse Höhe der Sonne, nämlich 12 bis 13 Grade, giebt, bey welcher die vereinte Wirkung beydes Lichtes ein Größtes ist.

Gegentheils ist die Zurückstrahlung vom Wasser bey großen Neigungswinkeln sehr schwach. Bouguer saget, von dem fast senkrecht auffallenden Lichte werfe Wasser gewiß etwa nur den 37sten Theil so viel als Quecksilber in dem nämlichen Falle zurück, und es mache, nach allen Beobachtungen, das zurückgeworfene Licht in diesem Falle nur den 60sten oder vielmehr 55sten Theil des auffallenden aus. Bey einer Neigung von 50 Grad wirft Wasser etwa den 32sten Theil so viel als Quecksilber zurück; bey einer Neigung aber von 39 Grad schon zweymal mehr, nämlich den 16ten Theil dessen, was Quecksilber zurückwirft. [n])

Zum

ßert, leichter, und an mehrern Lichtpartikeln ihre Geschwindigkeit vernichten, und sie zum Zurückgehen bringen kann. Theoria, p. 329. (Wenn aber die Strahlen parallel mit der Oberfläche werden, so äußert sich weder Zurückwerfung noch Brechung. K)

m) Traité d'Optique, p. 125.

n) Ibid. p. 133.

Zum gemeinschaftlichen Maaße, die Menge des von allerhand flüßigen Körpern zurückgeworfenen Lichtes damit zu vergleichen, nahm er Wasser, als das bequemste, und verfertigte theils aus Beobachtungen, theils durch Rechnung, folgende Tafel der Lichtmengen, welche die Oberfläche des Wassers, unter beygesetzten Neigungswinkeln, zurücksendet.

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen
$\frac{1}{2}$	721	5	501	$17\frac{1}{2}$	78	50	22
1	692	$7\frac{1}{2}$	409	20	145	60	19
$1\frac{1}{2}$	669	10	333	25	97	70	18
2	639	$12\frac{1}{2}$	271	30	65	80	18
$2\frac{1}{2}$	614	15	211	40	34	90	18

Zurückwerfung vom Glase.

Auf eben die Art verfertigte er auch eine Tafel der Lichtmengen, welche Spiegelglas, das aber nicht foliirt ist, zurücksendet. o)

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen
$2\frac{1}{2}$	584	15	299	50	34
5	543	20	222	60	27
$7\frac{1}{2}$	474	25	157	70	25
10	412	30	112	80	25
$12\frac{1}{2}$	356	40	57	90	25

Versuch mit Quecksilber und Wasser zugleich.

Gießt man etwas Wasser auf Quecksilber, so müssen von jedem Gegenstande zwey Bilder, vermittelst der Zurückstrahlung, zu sehen seyn, eines nämlich durch die von der Oberfläche des Wassers, das andere durch die von der Oberfläche des Quecksilbers. Bey großen Neigungswinkeln verschwindet das Bild von der Oberfläche des Wassers, weil es zu wenig Licht ins Auge sendet, und man sieht nur das Bild von der Oberfläche des Quecksilbers. Je schiefer man das Auge gegen die Oberfläche des Wassers hält, desto heller wird das von dem Wasser verursachete Bild, und das von dem Quecksilber desto schwächer, (weil das Wasser alsdenn mehr Strahlen zurücksendet, folglich desto weniger auf das Quecksilber fallen, und von demselben zurückgeworfen werden können) bis daß bey einem Neigungswinkel von 10 Grad beyde Bilder gleich helle sind. p) Unter diesem Winkel werden nämlich nach der vorhergehenden Tafel von 1000 Strahlen 333 zurückgeworfen; von den

 übrigen,

o) Traité d'Optique, p. 137. p) Ibid. p. 139.

übrigen, die durchgehen, bleiben nach der Zurückwerfung an der Fläche des Quecksilbers nur 500, von welchen bey dem Herausfahren durch die Zurückwerfung in das Wasser hinein, endlich nur 333 bleiben, um das Bild von der Oberfläche des Quecksilbers zu machen.

Starke Zurückwerfung der Strahlen, die aus Wasser in Luft gehen wollen.

Einige, und insbesondere Hr. **Edwards**, in den Philos. Trans. vol. 53. p. 229. haben bemerket, daß mit den Strahlen, die aus Wasser in Luft fahren wollen, eine starke Zurückwerfung vorgeht; auch haben Leute, die sich unter Wasser befunden, die Bilder der Dinge unter dem Wasser besonders schön und deutlich gesehen: indessen hatte man bis dahin auf diesen Umstand nicht genug Acht gegeben, bis daß Bouguer ihn genauer untersuchte, der an dieser Erscheinung viel merkwürdiges fand. In dem gegenwärtigen Falle, saget er, wird von den kleinsten Neigungswinkeln an, bis zu einem gewissen Winkel, der größte Theil der Strahlen, vielleicht eben so stark, als von der Oberfläche metallener Spiegel oder Quecksilbers, zurückgeworfen, q) und das übrige, welches nicht in die Luft geht, ausgelöschet oder verschlucket, so, daß die Oberfläche des durchsichtigen Körpers inwendig ganz dunkel erscheint. Wird der Neigungswinkel um ein paar Grade größer, so höret die starke Zurückwerfung gleich auf, ein großer Theil der Strahlen entwischet in die Luft, und wenige nur werden verschlucket, oder matt gemachet. So wie der Neigungswinkel zunimmt, wird des zurückgeworfenen Lichtes immer weniger, und die fast senkrecht auffallenden Strahlen fahren beynahe alle aus dem durchsichtigen Körper heraus, dessen Oberfläche fast alle ihre Kraft, das Licht zu verschlucken, verliert, und fast eben so durchsichtig wird, wie sie es von der andern Seite ist, oder wenn sie von außen das Licht bekömmt. r)

Die Oberflächen der Körper vernichten einen Theil des Lichtes.

Diese Eigenschaft, das Licht zu verschlucken, oder matt zu machen, welche an den Oberflächen durchsichtiger Körper sich findet, ist in der That merkwürdig, und ist, wie es scheint, von Niemanden vor Bouguer bemerket worden. Es ist schon oben als eine Muthmaßung **Newtons** angeführet worden, daß die Lichtstrahlen bloß durch den Anstoß gegen die dichten Theilchen der Körper entkräftet werden möchten; allein diese Bemerkungen des Hrn. Bouguer zeigen, daß es sich ganz anders verhält, und daß man dieses Ereigniß nicht den dichten Theilchen der Körper zuzuschreiben habe, deren in einem langen Striche Wassers mehrere, als eben bey dem Ausgange aus Wasser in Luft seyn müssen. Vielmehr muß es von einer bloß an

q) Dieses muß sich nothwendig ereignen, wenn der Sinus des Einfallswinkels aus Wasser in Luft gegen den Sinus totus größer ist, als in dem Verhältnisse von 3 zu 4, welches das Brechungsverhältniß aus Wasser in Luft ist. Sonst würde der Brechungssinus größer seyn, als der Sinus totus, das doch unmöglich ist. In diesem Falle müssen also alle Strahlen, die nicht etwa verschlucket werden, zurückgehen. (Die stärkere Zurückwerfung, wenn das Licht aus dem dichtern Mittel in das dünnere übergehen will, als wenn es aus diesem in jenes geht, kann man daher, wenigstens bildlich, erklären, daß das dichtere Mittel mehr Kraft besitzt, das Licht von seinem Wege abzulenken. S. Lamberts Photometrie § 327, in welcher die Vergleichung des zurückgeworfenen und durchgelassenen Lichtes auf eine sehr sinnreiche und vollständige Art ausgeführet ist. K.)

r) Traité d'Optique, p. 145.

an der Oberfläche der Körper befindlichen Kraft herrühren, welche demnach vermuthlich einerley mit derjenigen ist, welche das Licht zurückwirft, es bricht oder beuget. s)

Eine der erwähnten Beobachtungen, nämlich, daß unter gewissen Neigungswinkeln das Licht sehr stark von der Luft weg in das dichtere Mittel zurückgeworfen wird, hat man sonst schon häufig gemachet; besonders an gläsernen Prismen, welche Newton deswegen statt eines Reflectirspiegels in seinem Teleskop brauchete. Denn, wenn die Strahlen innerhalb dieser Prismen unter einem Winkel von 10, 20 bis 30 Grad auf die gemeinschaftliche Fläche des Glases und der Luft fallen, so ist die Zurückstrahlung fast so stark, als an der Oberfläche des Quecksilbers, indem ein Drittheil oder ein Viertheil der Strahlen ausgelöschet, und zween Drittheile oder drey Viertheile zurückgeworfen werden. Dieses dauert fast gleich stark bis zu einem Neigungswinkel von 49° 49′ (das Brechungsverhältniß der Strahlen von mittlerer Brechbarkeit 31 zu 20 gesetzet) da bey einem um einen einzigen Grad größern Winkel die Menge des zurückgeworfenen Lichtes plötzlich abnimmt, und ein großer Theil der Strahlen aus dem Glase fährt, so daß die Oberfläche mit einemmale durchsichtig wird.

Alle durchsichtige Körper haben dieselbe Eigenschaft, mit dem Unterschiede, daß der Neigungswinkel, wo die starke Zurückwerfung aufhöret, in einigen größer, in andern kleiner ist. Im Wasser ist dieser Winkel etwa 41° 32′, und in jedem andern Mittel hängt er von dem unveränderlichen Brechungsverhältnisse ab, so daß man daraus diese Erscheinung, wenigstens was die zufällige Undurchsichtigkeit der Oberfläche betrifft, erklären kann. t)

Messung der inwendigen Zurückstrahlung.

Die Menge des von der innern Fläche zurückgeworfenen Lichtes bey großen Neigungswinkeln zu messen, fand unser Verfasser erst große Schwierigkeiten, hauptsächlich wegen der mancherley Veränderungen, die das Licht litt, ehe es in sein Auge kam; doch fiel er zuletzt auf eine Vorrichtung, durch welche er herausbrachte, daß bey einem Neigungswinkel von 75 Grad die innere Zurückwerfung im Glase das Licht 27 bis 28 mal verminderte; da hingegen bey der Zurückwerfung an der äußern Fläche bey demselben Neigungswinkel nur der 36ste Theil der Strahlen ins Auge kam, so daß die innere Zurückwerfung etwas stärker als die äußere ist. Bisweilen fand er die Zurückwerfungen beyde gleich stark, gewöhnlich aber doch die innere etwas stärker als die äußere. u)

Zurückwerfung von unpolirten Körpern.

Zur Fortsetzung der Untersuchungen über die Verminderung des Lichtes, die bey der schiefen Zurückwerfung von unpolirten Körpern entsteht, verglich er die Er-

 scheinun-

s) Von dieser Eigenschaft der Oberflächen der Körper, das Licht zu verschlucken oder auszulöschen, werden in dem nächsten Abschnitte noch andere Beweise angeführet werden.

t) Traité d'Optique, p. 146. (Daß die Strahlen, die unter einem gewissen Winkel aus Wasser in Luft gehen wollen, zurückgeworfen werden, hat Kepler schon bemerket. Dioptr. Prop. 13. K.)

u) Ibid. p. 153. (Weit genauer in der Lambertischen Photometrie, P. 2. K.)

scheinungen bey gerade und schief auffallendem Lichte. Er nahm sehr sauber mattgeschliffene Silberplatten, die weißer als das schönste Papier waren, stellete die eine 60 Zolle weit vom Lichte, unter einem Winkel von 75 Gr. gegen die Lichtstrahlen, so mußte er die andere, welche das Licht senkrecht erhielt, 67 Zolle vom Lichte entfernen, damit jene ihr an Weiße gleichkommen möchte. Diesen Versuch nahm er auch unter andern Winkeln vor, und verfuhr mit sehr weißem Gyps und holländischem Papiere eben so. Die Resultate seiner Beobachtungen sind in folgender Tafel enthalten, in welcher die Stärke des Lichtes, welche die Fläche bey senkrecht auffallenden Strahlen hat, durch 1000 ausgedrücket ist. v)

Neigungswinkel	Stärke des zurückgeworfenen Lichtes von		
Grade	matt polirtem Silber	Gyps	holländisch. Papier
90	1000	1000	1000
75	802	762	971
60	640	640	743
45	455	529	507
30	319	352	332
15	209	194	203

Brechung der Ungleichheiten auf der Oberfläche des Silbers rc.

Wenn man sich die Ungleichheiten auf der Oberfläche der undurchsichtigen Körper als eine Menge kleiner auf alle Arten geneigter Ebenen vorstellet, so sieht man aus diesen Beobachtungen, daß es dergleichen weniger giebt, die das Licht bey kleinen Neigungswinkeln zurücksenden, als bey großen. Bouguer berechnet das Verhältniß der Mengen der kleinen Flächen, welche das unter verschiedenen Neigungen auf die Hauptfläche auffallende Licht senkrecht auffangen und zurücksenden, wie folgende Tafel zeiget. w)

Neigung der kleinen Flächen gegen die große	Vertheilung der kleinen Ebenen, aus welchen die Ungleichheiten bestehen, in		
	Silber	Gyps	holl. Papier
0 Gr.	1000	1000	1000
15	777	736	937
30	554	554	545
45	333	374	358
60	161	176	166
75	53	50	52

Diese

v) Traité d'Optique, p. 165. w) Ibid. p. 168.

Diese Veränderungen in der Anzahl der kleinen Ebenen stellet er durch die Ordinaten einer krummen Linie dar, und untersuchet darauf geometrisch, wie die Wirkung ausfallen würde, wenn der Körper nach einer Richtung erleuchtet, und nach einer andern gesehen würde; und löset hieraus verschiedene artige Probleme auf, z. E. wenn die Lage des Auges gegeben ist, den Winkel zu finden, unter welchem der Körper gegen das Licht geneigt werden muß, um das meiste mögliche Licht zurückzuwerfen; oder, wenn die Lage des leuchtenden Körpers gegen eine matt polirte Fläche gegeben ist, die Richtung zu finden, auf welcher das Auge sich befinden muß, damit die Stärke des zurückgeworfenen Lichtes ein Größtes sey. Es würde mich aber zu weit in die Geometrie hineinführen, wenn ich dem Verfasser durch alle diese Untersuchungen folgen wollte.

Licht von den Planeten.

Weil einige Planeten, unter andern Venus und der Mond, wie dieser genaue Beobachter bemerket, gegen den Rand zu heller, als um den Mittelpunct scheinen, so schließt er daher, aus der angeführten Theorie, daß die Körper auf denselben eine andere Beschaffenheit, als die auf unserer Erde haben, und daß ihre undurchsichtigen Oberflächen aus kleinen Ebenen bestehen müssen, welche gegen die Hauptfläche anders geneigt sind, als bey den Körpern auf unserer Erde; wie auch, daß es auf ihnen eine unendliche Menge von Puncten giebt, die genau gleichen Glanz besitzen. x)

Größe der kleinen reflectirenden Ebenen.

Darauf machet sich unser Verfasser an die Bestimmung der Größe der Oberfläche, welche die kleinen Ebenen nach jeder besondern Neigung einnehmen. Diese leitet er aus der Menge des Lichtes her, welches jede auf gleiche Art geneigte Ebenen zurücksenden; wobey er diejenigen, die gegen die Hauptebene mehr geneigt sind, verhältnißweise weniger Raum einnehmen läßt. Aus der Vergleichung der Lichtmenge, welche sehr weißer Gyps nach dieser Rechnung zurücksenden sollte, wenn er unter einem Winkel von 75 Grad gegen die Lichtstrahlen geneigt ist, und derjenigen, welche er wirklich zurücksendet, findet er, daß er, seiner glänzenden Weiße ungeachtet, doch viel Licht verschlucket. Denn da von 10000 auffallenden Strahlen 166 oder 167 zurückgeworfen werden sollten, so kommen wirklich nur 67 zurück, daß also von 167 Strahlen 100 verschlucket werden, welches fast $\frac{3}{5}$ sind. y) Auf dem Monde rechnet er, daß von 300000 Strahlen, welche er uns zurücksenden sollte, 172000 oder wohl gar 204100 verschlucket werden. z)

Endlich untersuchet er noch zwo Fragen, erstlich, ob die kleinen Flächen der Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper die parallel auffallenden Strahlen parallel zurücksenden, oder sie wie convexe Flächen zurückwerfen? Er glaubet, man könne sie als eben betrachten, in so fern man ein Mittel zwischen den convexen und concaven Ungleichheiten nimmt. Sonst aber möchten die Strahlen wohl immer von

x) Traité d'Optique, p. 174, 195.

y) Ibid. p. 210.

z) Ibid. p. 222. Bey der Vergleichung des Monden- und Sonnenlichtes setzet Hr. Bouguer durch einen Rechnungsfehler die Menge des von der Sonne herkommenden Lichtes, in Absicht auf das von dem Monde zurückgeworfene, (vorausgesetzet, daß dieser alles erhaltene Licht zurücksendet) just noch einmal so groß, als sie seyn sollte, wie in der Folge gezeiget werden soll.

von einem wirklichen oder virtualen Vereinigungspuncte ausfahren, und sich nach der Zurückstrahlung von einander je weiter je mehr entfernen. [a])

Zweytens fraget er, was aus den Strahlen werde, die von einer kleinen Unebenheit zur andern zurückprellen? Selten, saget er, müsse der Fall seyn, daß Strahlen nach zwoen Zurückwerfungen ins Auge kommen können, sondern sie werden meistens sich in den kleinen Unebenheiten verlieren, und den Körper zu erwärmen dienen. [b])

Zweytes Kapitel.

Beobachtungen über die Zurückwerfung des Lichtes innerhalb durchsichtiger Körper.

Unter den uns bekannten Körpern sind keine so vollkommen durchsichtig, daß sie nicht Theilchen enthalten sollten, welche das Licht auffangen und zurücksenden, dadurch ein Theil des Lichtstrahles, welcher von einer Seite hineinfällt, gehindert wird, nach der gegen über liegenden hin zu kommen. Und hierinnen liegt auch eine Ursache der Zurückwerfung des Lichtes, welche Hr. Bouguer mit seiner gewöhnlichen Vorsicht zu messen, unternahm. Folgendes ist das wichtigste von seinen Beobachtungen hierüber.

Versuche, den Verlust des Lichtes, wegen der Undurchsichtigkeit zu messen. fig. 72.

Die Art, deren er sich bediente, den Verlust des Lichtes in durchsichtigen Körpern zu messen, ist in der fig. 72 vorgestellet, wo B einen durchsichtigen Körper bedeutet, auf welchem das Licht P steht, das die beyden Täfelchen D und E fast senkrecht erleuchtet. Das erste Täfelchen wird durch den durchsichtigen Körper B gesehen, das andere aber, zu eben der Zeit, mit bloßem Auge bey A. Beyde Erleuchtungen gleich stark dem Auge darzustellen, muß das Täfelchen E weiter fortgerücket werden. Die Quadrate der Entfernungen der Täfelchen vom Lichte gaben das Verhältniß der Verminderung des Lichtes.

mit Glase.

Auf diese Art lies er das Licht durch 16 Stücke gemeines Fensterglas fallen, die zusammen $9\frac{1}{2}$ Linien breit waren, und fand, daß es 247 mal geschwächet ward. Er nahm auch 6 Stück Spiegelglas, zusammen $11\frac{1}{2}$ Linien dick, und fand, daß das Licht im Verhältnisse von 100 zu 27 vermindert ward. Allein, ein einziges Stück, drey Zolle dick, verminderte das Licht kaum auf die Hälfte. [a])

mit Seewasser.

Mit dem klaresten Seewasser, das er zu Croisic, wo er wohnte, bekommen konnte, füllete er einen 115 Zoll langen Kasten an, der an seinen Enden mit zwey Stücken Glas verschlossen war, und fand, daß das Licht auf dem Wege dadurch in dem Verhältnisse von 14 zu 5, und genauer in dem von 169 zu 64 geschwächet ward. Er hält aber diese zwar sorgfältig angestellten Versuche selbst für fehlerhaft, weil

a) Traité d'Optique, p. 225.

b) Ibid. p. 228.

a) Ibid. p. 60. (Den ersten hier erzählten Versuch stellete Bouguer auf eine andere Art an. K.)

weil er unter dem heißen Erdstriche gefunden, daß man daselbst den Boden des Meeres auf eine Tiefe von 100 bis 120 Fuß entdecken kann, wenn der Grund aus weißem Sande besteht und die Sonne hoch ist. Er glaubet, daß das Licht in einer Länge von 10 Fuß durch Seewasser nur in dem Verhältnisse von 5 zu 3 oder gar nur von 5 zu $3\frac{1}{2}$ geschwächt werde. [b])

Die Oberflächen verzehren etwas Licht.

Er betrachtete durch ein längliches Stück Glas einen Gegenstand, als ein Täfelchen, und ein anderes durch vier ein wenig von einander gerückte Stücke Glas, die zusammen genau dieselbe Länge wie jenes hatten. Sie waren gegen die Täfelchen unter einem Winkel von 75 Grad geneigt. Aus der Vergleichung der Entfernungen der Täfelchen von dem Lichte, das sie erleuchtete, fand er, daß das Licht durch die sechs Zurückwerfungen an den drey hintern Stücken in dem Verhältnisse von 360000 zu 243049 geschwächt ward, also durch jedes in dem Verhältnisse von 1000 zu 877. Die Zurückwerfung an der Vorderfläche eines jeden Stückes nahm nach den obigen Erfahrungen den 36sten Theil weg, ließ also von 1000 Strahlen 972 übrig; die an der Hinterfläche nahm den 27sten bis 28sten Theil weg, verminderte folglich die 972 Strahlen auf 936. Es giengen aber nur 877 wirklich durch, folglich giengen 59 Strahlen verlohren, das ist etwa der 16te Theil des Lichtes. Diesen Verlust schreibt er der Hinterfläche zu, welche fortfährt so zu wirken, als wenn sie noch nicht völlig durchsichtig wäre. Bey allen mäßigen Neigungen, von der kleinsten bis zu 49 Gr. 49 M., verzehrete sie den dritten oder vierten Theil des Lichtes, worauf sie plötzlich, wie vorher angeführet ist, einen weit kleinern Theil verzehret, und, wie jetzt eben gefunden ward, bey fast senkrechten Strahlen noch diese Eigenschaft in etwas behält. Bey ähnlichen Versuchen fand Bouguer zwar nicht genau dasselbe Resultat; doch bewiesen sie ihm immer, daß Licht verlohren sey. Es schien ihm, daß er den Verlust der verschluckten Strahlen auf $\frac{1}{27}$ oder $\frac{1}{28}$ des Lichtes, so groß, wie den von der Hinterfläche des Glases zurückgeworfenen Theil setzen könnte [c]). Es geben diese Beobachtungen einen neuen Beweis ab, daß den Oberflächen eine vor unserm Verfasser nicht bemerkte Kraft zukömmt, die auf die Strahlen noch anders wirket, als es bey der Zurückwerfung, Brechung und Beugung geschieht, nämlich die Kraft, die Strahlen zu verzehren, welche Newton bloß den dichten Theilchen der Körper zugeschrieben hatte.

Dicke durchsichtiger Körper, bey welcher sie undurchsichtig werden.

In dem zweyten Abschnitte des dritten Buches giebt unser Verfasser die Auflösung einiger artiger Aufgaben über die Durchsichtigkeit der Körper. Weil sie aber keine neue optische Entdeckungen enthalten, so verweise ich den Leser auf das Buch selbst und führe nur zwey Beyspiele zu der letzten Aufgabe an, in welcher gewiesen wird, wie man die Dicke eines durchsichtigen Mittels zu berechnen hat, bey welcher es ganz undurchsichtig wird. Darzu wird erfordert, daß man wisse, in welchem Verhältnisse das Licht geschwächet werde, wenn es einen gewissen Weg in einem Mittel zurückleget, woraus man, weil die Stärke desselben in geometrischer Fort-

b) Tr. d'Opt. p. 65. (cf. Lamberti Photom. §. 468.

c) Tr. d'Opt. p. 158.

Fortschreitung abnimmt, berechnet, wie weit es zu gehen habe, damit es so schwach werde, daß es das Auge nicht mehr rühren kann.

Seewasser, saget er, würde bey einer Dicke von 679 Fuß alle seine Durchsichtigkeit verlieren, und die Luft würde, wenn sie sich auf 518385 Klafter in die Höhe, mit der Dichtigkeit, die sie bey uns hat, erstreckte, so undurchsichtig werden, daß wir von den Himmelskörpern kein Licht bekommen könnten, sondern in einer stockfinstern Nacht begraben wären. [d])

Verminderung des Lichtes durch die Atmossphäre.

Hierauf untersuchet unser Verfasser die Verminderung des Lichtes, welche es auf dem Wege durch ein ungleich dichtes Mittel leidet, dergleichen die Luft ist. Er setzt hierbey die Strahlenbrechung bey Seite, weil sie nur die Rechnung viel verwickelter und doch wenig genauer machen würde, da sie nicht einmal zwey Drittheile eines Grades beträgt. Aus seinen Rechnungen zieht er folgende Tafel der in der Atmossphäre enthaltenen Massen Luft, und der Stärke des Lichtes der Himmelskörper, welche es nach dem Durchgange durch diese Massen noch hat. [e])

Scheinbare

d) Tr. d'Opt. p. 265. (Dieses gründet sich darauf, daß Bouguer gefunden, daß 76 Stücke Glas, die er in einer Röhre hinter einander gestellt hatte, alles Sonnenlicht auffiengen und verschluckten. Dafür nimmt er nun 80 Stücke Glas an, und berechnet, daß diese das Licht 900000 Millionenmal das Licht vermindern. Nun berechnet er ferner, wie dick ein durchsichtiger Körper, als Wasser oder gleichförmige Luft, seyn müsse, um das Licht eben so vielmal zu vermindern, das ist um undurchsichtig zu werden. K.)

e) Zum Verstande dieser Tafel wird folgendes zu bemerken nöthig seyn — Bouguer nimmt mit Mariotten an, daß die Dichte der Luft ihrer Zusammensetzung proportional sey, woraus folget, daß die Dichten der Schichten in der Atmossphäre in geometrischer Progreßion abnehmen, wenn die Höhen in arithmetischer wachsen. Hieraus berechnet er theils die ganze Luftmasse nach senkrechter Richtung, in Vergleichung mit der gröbern Luft an der Erdfläche, als auch nach einer jeden andern Richtung, da sie nothwendig größer ausfallen muß, als nach jener. So beträgt eine senkrechte Luftsäule der allmählig verdünneten Luft so viel, als eine eben so weite und 3911 Toisen hohe Säule gleichförmig dichter Luft, wie sie an der Erdfläche ist, wenn man die Barometerbeobachtungen des de la Hire zum Grunde leget. Sie würde nach den vom Bouguer selbst in Peru angestellten 4197 Toisen hoch seyn. Die Masse der in einer geneigten Luftsäule enthaltenen ungleich dichten Luft bringt er nach eben diesen Voraussetzungen auf eine gleichförmig dichte Luftsäule, und nimmt an, daß das Licht in jener eben den Verlust wie in dieser leidet. Er hatte beobachtet, daß wenn der Mond von 66° 11′ scheinbarer Höhe bis zu 19° 16′ heruntersteigt, das Licht in dem Verhältnisse von 2500 zu 1681 abnahm, und weil er die Luftmassen, durch welche das Licht in diese Höhen geht, berechnet hatte: so gab ihr Unterschied zu erkennen, wie viel auf einem gewissen Wege, durch die auf eine gewisse gleichförmige Dichte reducirte Luft, das Licht geschwächet werde, woraus er ferner für jede andere Höhe und die dazu gehörige Luftmasse die Schwächung des Lichtes ohnschwer berechnen konnte. K.

Scheinbare Höhe der Gestirne.	Betrag der Luftmassen in grober Luft.	Stärke des Lichtes der Gestirne nach dem Durchgange.	Scheinbare Höhe der Gestirne.	Betrag der Luftmassen in grober Luft.	Stärke des Lichtes der Gestirne nach dem Durchgange.
Grade.	Toisen.		Grade.	Toisen.	
90	3911	8123	15	14880	4535
80	3971	8098	14	15880	4301
70	4162	8016	13	17012	4050
66° 11′	4275	7968	12	18344	3773
65	4315	7951			
60	4516	7866	11	19908	3472
55	4776	7759	10	21745	3149
50	5104	7624	9	23975	2797
45	5530	7454	8	26672	2423
40	6086	7237			
35	6813	6963	7	29996	2031
30	7784	6613	6	34300	1616
25	9191	6136	5	39893	1201
20	11341	5474	4	47480	802
19° 16′	11744	5358	3	58182	454
19	11890	5316	2	74429	192
18	12515	5143	1	100930	47
17	13220	4954	0	138823	6
16	14000	4753			
10000 bezeichnet die Stärke des Lichtes vor dem Eintritte in die Atmosphäre.					

Diese Tafel kömmt fast gänzlich mit derjenigen überein, die in dem ersten Entwurfe des Werkes unsers Verfassers vom Jahre 1729 steht, und ist nicht aufs neue berechnet worden, nachdem der Verfasser seine Einsichten in dieser Materie verbessert hatte. Inzwischen würde der Unterschied nicht gar viel betragen haben. f)

Die Zurückwerfung des Lichtes von den innern Theilen durchsichtiger Körper zu untersuchen, nahm er ein ziemlich dickes Stück Krystallglas, welches das Licht im Verhältnisse von 9 zu 4 verminderte. Ferner stellte er zwo Gipsplatten bey einander, und betrachtete sie durch jenes Glas, aber an Stellen, die so weit von einander entfernet waren, daß er den einen Theil des Glases durch ein starkes Licht erleuchten und den andern in die stärkste Dunkelheit bringen konnte. Dieser Umstand hatte einen beträchtlichen Einfluß auf die Deutlichkeit des Sehens. Der dunkle Theil des Glases schien ihm merklich durchsichtiger, als der andere, indem die Erleuchtung

Zurückwerfung von den innern Theilchen des Glases.

f) Vergl. Lamberts Photom. §. 886,

leuchtung des andern Theiles, anstatt sich mit der von dem Gegenstande zu vereinigen, sie vielmehr schwächte; und je deutlicher er das Innere des durchsichtigen Körpers erkannte, desto mehr verlohr der Gegenstand auf der andern Seite von seiner Deutlichkeit. Das Licht, welches die eine Hälfte des Krystallglases erleuchtete, war etwa 31mal stärker, als dasjenige, was die beyden Gipstäfelchen erleuchtete, und um diesen beyden Gegenständen gleichen Grad der scheinbaren Helligkeit zu geben, mußte er die Erleuchtung desjenigen, den er durch den hellen Theil des Krystallglases sahe, um den siebenten Theil vermehren. Er berechnet hieraus, daß die kleinen Theilchen des Krystallglases, so wenig alle Strahlen, welche sie auffangen, zurückwerfen, daß sie vielmehr nur den 235sten Theil derselben zurücksenden. Vermuthlich, saget er, werden die innern Theile aller andern durchsichtigen Körper, die wenigsten Strahlen, welche sie auffangen, zurückwerfen. [g])

Zurückwerfung von den Theilchen der Luft.

Er berechnet auch die Stärke des Lichtes, welches von den innern Theilen eines ungleichförmig dichten Mittels zurückgeworfen wird. Dieses auf die Luft anzuwenden, nimmt er zween Fälle vor, einen, da die Sonne am Horizonte ist, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Zenith hin berechnet werden soll, den andern, da die Sonne am Zenith steht, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Horizonte hin gesuchet wird. In dem ersten findet er den Bruch 0,0784 für die Stärke der Luftfarbe, wenn die Stärke des Sonnenlichtes, so wie es unser Auge erreichet, zur Einheit genommen wird. In dem zweyten Falle berechnet er die Stärke der Luftfarbe nicht bloß für die ganze Tiefe der Atmossphäre, sondern auch für verschiedene Strecken derselben, wie in der folgenden Tafel zu sehen ist, wo die Weiten in Meilen, deren 20 einen Grad machen, angegeben sind. Der Buchstabe q in derselben ist statt der Zahl gesetzet, welche angeben sollte, wie sehr das Licht durch die Zurückwerfung von den Theilchen der Luft geschwächet werde. Nach Erfahrungen, die Bouguer in Amerika zu machen Gelegenheit gehabt hat, ist der Werth von q wenigstens $\frac{1}{363}$, das ist, die Lufttheilchen senden uns wenigstens nicht mehr als den 363sten Theil der Strahlen zurück, welche sie auffangen, und vermuthlich noch weniger. [h])

Ent=

g) Traité d'Optique, p. 344.

h) Ibid. p. 358. (Hr. Priestley erinnert selbst bey dieser Stelle, daß sie etwas dunkel sey, wiewohl er sie wegen der merkwürdigen Folgerungen nicht habe weglassen wollen. Seinen Auszug verstand ich freylich gar nicht; doch habe ich hier, wie an mehrern Stellen dieses Auszuges aus Bouguern nachzuhelfen gesucht, so gut es angehen wollte, ohne die umständlichen Rechnungen genau nachzusehen. — Zu dem in dem Absatze angeführten Bruche 0,0784 muß vermuthlich noch der Factor *q* kommen, wiewohl er beym Bouguer auch fehlet. In der Lambertischen Photom. P. V. C. 2. ist diese Untersuchung vollständiger und genauer angestellet. K.)

Entfernungen in Meilen.	Betrag der Luftmassen auf eine gleichförmige Dichte gebracht, in Klaftern.	Stärke der Luftfarbe.	Entfernungen in Meilen.	Betrag der Luftmassen auf eine gleichförmige Dichte gebracht in Klaftern.	Stärke der Luftfarbe.
$2\frac{1}{2}$	7115	$\frac{778}{10000}q$	30	79307	$\frac{2525}{10000}q$
5	14231	$\frac{1289}{10000}q$	45	109099	$\frac{2565}{10000}q$
10	28257	$\frac{1967}{10000}q$	60	130548	$\frac{2575}{10000}q$
15	41931	$\frac{2268}{10000}q$	90	153128	$\frac{2575}{10000}q$
20	55096	$\frac{2410}{10000}q$	180	169518	$\frac{2575}{10000}q$

Folgerungen von dem Ansehen großer entfernter Gegenstände.

Man brauchet nur, sagt Bouguer, diese Tafel anzusehen, um zwo verschiedene Arten, wie große sehr entfernte Gegenstände auf der Erde sich unsern Augen entziehen, erklären zu können. Wenn ein großes Gebirge, das mit Waldung bedecket ist, 29 bis 30 Meilen von uns entfernet liegt, so wird nur weniges Licht von demselben ins Auge kommen können. Denn außerdem, daß das Blättergrün keinen sonderlich lebhaften Glanz hat, so giebt es noch zwischen den Blättern so viele schattichte Zwischenräume, die gar kein Licht zurücksenden. Ist aber die Atmossphäre recht heiter, so wird das Gebirge mit alle dem Luftglanze bedecket seyn, welchen die Masse der zwischen dem Gegenstande und dem Zuschauer enthaltenen Luft zurückwirft, und diese Farbe wird durch $\frac{2525}{10000}q$ ausgedrücket werden, da die Farbe der ganzen Atmossphäre, oder des Himmels, den man zur Seite sieht, durch $\frac{2575}{10000}q$ ausgedrücket wird. Der Unterschied ist zwar nur ein 51theil, aber doch noch immer bemerkbar, wenn man darauf Acht giebt. Wäre das Gebirge noch näher, so würde der Unterschied der Stärke der beyden Luftfarben größer seyn; und der Gegenstand, der immer seine Form behielte, würde wie eine etwas dickere Wolke aussehen; seine Farbe würde gegen die Farbe des Himmels etwas dunkler scheinen, dahingegen sie in jenem Falle, wenn der Gegenstand eben verschwinden will, wie eine dünne und sehr durchsichtige Wolke erscheint, so daß man in der Gegend des Gebirges das Blau des Himmels wie mit einem leichten Flore überzogen sehen wird. Wäre das Gebirge aber nur 18 bis 20000 Toisen entfernet, so könnte man vielleicht schon etwas von seiner grünen Farbe erkennen. Wegen des Mangels der Durchsichtigkeit der Luft würde die Helligkeit dieses Gegenstandes in dem Verhältnisse, 1000 zu 346 geschwächet werden; und dieser Mangel der Durchsichtigkeit ist es, der in Verbindung mit der Luftfarbe die Stärke oder den Glanz der Erleuchtung an den Gegenständen schwächet, die man unmittelbar betrachtet. Wenn das Gebirge mehr Strahlen zurückwirft, weil es näher liegt, so wird dabey zugleich die Farbe der Luft blasser und beyde Farben werden sich einander schwächen.

Solche Gegenstände, die eben verschwinden wollen, sieht man gleichsam nur auf eine negative Art, dahingegen andere, zwar entferntere, auf eine positive Art gesehen werden, wenn das von ihnen herkommende Licht stärker, als das von

den nahe gelegenen Theilen des Himmels ist. Wenn ein schwarzes Gebirge 45 bis 50 Meilen entfernet liegt, so wird die blaue Farbe, welche es bedecket, von der Farbe des Himmels so wenig unterschieden seyn, daß es gar nicht zu bemerken ist. Wäre aber das Gebirge mit sehr weißem Sande oder mit Schnee bedecket, so möchte man es sehr deutlich erkennen können. Einige glauben, daß man solche große Gegenstände in noch größerer Entfernung sehen möge, allein unser Verfasser zweifelt daran, und setzt 45 französische Meilen als die Gränze fest, weil man in dieser Entfernung von dem Meerbusen Guayaquil, den Berg Chimborazo, einen der höchsten in Peru und vermuthlich in der ganzen Welt, der immer mit Schnee bedecket ist, und sonst alles hat, was in die Weite sichtbar machen kann, noch eben zu erblicken im Stande ist [i]).

Einschränkungen.

Doch ist zu bemerken, daß die Entfernung, in welcher man Gegenstände noch sehen kann, sowohl von der Stärke ihrer Erleuchtung und der Güte des Auges, als auch von der Durchsichtigkeit des zwischenliegenden Mittels abhängt. **Mußschenbroek** erzählet von einem Manne, den er selbst gekannt hat, der die Jupiterstrabanten mit bloßen Augen eben so gut, als er selbst mit einem zwölffüßigen Fernrohre, erkennen konnte. Er führt dabey aus dem Cicero das Beyspiel eines Menschen an, der auf 1800 Stadia [k]) weit sehen konnte, und die Erzählung des Plinius, daß zur Zeit des zweyten Punischen Krieges einer, von Lilibäum in Sicilien ab, die aus dem Hafen von Karthago auslaufenden Schiffe gezählet hat. Diese Erzählung ist aber sehr unwahrscheinlich, oder vielmehr, wegen der Krümmung der Erde, unmöglich. [l])

Mußschenbroeks photometrische Versuche mit gefärbten Gläsern.

Ueber die Kraft verschiedentlich gefärbter Mittel das Licht zu verschlucken, stellte Mußschenbroek mancherley Versuche an, aus welchen erhellet, daß selbst sehr durchsichtige und dünne Körper, wenn sie verschiedentlich gefärbet sind, dem Lichte wirklich den Durchgang oft verwehren. Er nahm Stücke Glases, von jeder der sieben Farben, die zusammen noch nicht einen halben Zoll dicke waren, und doch konnte er die Sonne dadurch nicht erkennen. Die Wirkung eines jeden dieser gefärbten Stücke insbesondere kennen zu lernen, setzete er sie auf mancherley Art zusammen. Die Resultate seiner Erfahrungen, sowohl in Absicht der Menge des durchgelassenen Lichtes, als der Farbe desselben beschreibt er in seiner Introd. ad philosophiam naturalem, vol. 2. p. 800. Er folgerte überhaupt daraus, daß in einem weißen Sonnenstrahle die rothen Strahlen am häufigsten vorhanden sind, daß diese durch roth, orange und gelbgefärbte Gläser leicht durchgehen, aber in geringer Menge durch grüne Gläser, so daß die grünen, blauen, purpurnen und violetnen Strahlen von dem weißen Sonnenstrahle abgesondert wurden, wenn man ihn mit einem rothen Glase auffängt. Waren die rothen Strahlen durch rothe, orangenfärbige und gelbe Gläser durchgegangen, so blieben nur wenige Strahlen übrig, die durch ein

i) Traité d'Optique, p. 363.

k) Das sind 1023159 französische Fuß, oder gegen 50 deutsche Meilen. **A.**

l) Introductio vol. 2. p. 773.

ein grünes dahinter liegendes Glas gehen könnten. Denn die grünen Strahlen drangen bis dahin nicht durch, und blaue Strahlen waren auch nicht mehr vorhanden, die durch das folgende blaugefärbte Glas hätten dringen können, so daß alle Stücke zusammen ein undurchsichtiges Ganzes ausmachten. Bey diesen Versuchen konnte er nicht herausbringen, was aus dem rothen Lichte würde, das nach dem Durchgange durch das rothe, orangenfärbige und gelbe Glas auf das grüne fiel. Er scheint zu glauben, daß es entweder in das rothe Glas zurückgeworfen oder in dem grünen nach allen Richtungen zerstreuet seyn mag.

Er ließ das Sonnenlicht durch mehrere blau gefärbte Gläser gehen, und fand, daß Gegenstände in dem durchgegangenen Lichte immer ein tieferes Blau annahmen, bis sie zuletzt purpurfärbig erschienen. Durch fünf solcher blauer Glasscheiben schien die Sonne weiß, durch sechse nahm sie eine purpurne Farbe an, die mit jeder neuen Scheibe dunkler ward, bis daß er durch funfzehn blaue Scheiben, die zusammen einen Zoll ausmachten, nichts mehr von der Sonne erkennen konnte.

In diesem und dem vorhergehenden Abschnitte ist bemerket, daß nach Bouguers Erfahrungen das Licht deswegen verschlucket oder ausgelöschet wird, weil es auf die Flächen der Körper mit einer gewissen Neigung fällt, und nicht darum, weil es, wie Newton annahm, auf die dichten Theile stößt; und daß die Dicke der durchsichtigen Körper, durch welche das Licht geht, lange nicht so viel hinderlich ist, als die Menge der Oberflächen. Allein einige vom Hrn. Canton neulich mit seinem künstlichen Phosphorus angestellte Versuche, scheinen doch zu beweisen, daß in einigen Fällen die Dicke der durchsichtigsten Mittel dem Durchgange des Lichtes sehr hinderlich fällt.

Erleuchtung durch elektrisches Licht.

Er nahm zwey gleich durchsichtige Stücke des feinsten Flintglases, deren Seiten er vollkommen parallel schleifen ließ, aber eins derselben ward zehnmal so dicke als das andere gemachet. Diese stellte er so, daß das Licht von einem elektrischen Schlage durch sie fahren und auf Stücke von seinem Phosphorus fallen konnte. Ob nun gleich beyderseits nur zwo Oberflächen vorhanden waren, und der Unterschied des Verlustes am Lichte in dem Durchgange durch beyde Stücke, nach Bouguers Versuchen, nur sehr geringe hätte seyn müssen: so fand sich doch ein großer merklicher Unterschied an dem Lichte, welches beyde durchgelassen hatten, weil der Phosphorus von dem Lichte völlig gleicher Schläge durch das dicke Glas lange nicht so erleuchtet worden war, als durch das dünne.

Ich selbst habe diese Versuche sorgfältig wiederholet, und gefunden, daß der Phosphorus durch sieben Stücke sehr dünnen Glases stärker erleuchtet ward, als durch ein einziges eben so durchsichtiges, aber einen Viertelzoll dickes Stück, und doch hätte wegen gewisser Umstände der Durchgang durch das dicke Stück noch etwas leichter fallen sollen. Daher zweifle ich nicht, daß auf diese Art durch zwölf oder gar zwanzig Stücke sehr dünnen Glases mehr Licht als durch ein einziges Viertelzölliges gehen mag.

Doch ist zu bemerken, daß wenn der Phosphorus durch diese Gläser von dem Sonnenlichte in einem verfinsterten Zimmer erleuchtet wird, jener Unterschied sich nicht

nicht zeiget. Nur wenn ich den Phosphorus so geschwinde als möglich durch den Sonnenstrahl bewegte, kam mir die Erleuchtung durch die dünnen Gläser stärker als die durch das dicke vor. Blieben die Stücke Phosphorus aber die kleinste bemerkbare Zeit, keine Viertelsecunde, in dem Strahle, so verlohr sich aller Unterschied.

Es ist wahr, die Ausstrahlung des Lichtes bey einem elektrischen Schlage ist augenblicklich, und es ist nicht möglich, den Phosphorus so geschwinde durch den Sonnenstrahl zu bewegen, daß er nicht, in Vergleichung mit der Dauer eines elektrischen Schlages, eine beträchtliche Zeit dem Lichte sollte ausgesetzet gewesen seyn, und daß eine fortdauernde Wirkung des Lichtes dabey statt gefunden hätte. Wie aber dieser Umstand einen so merklichen Unterschied hervorbringen könne, das, gestehe ich, kann ich nicht erklären. Das Factum ist bey allem dem merkwürdig, und verdienet genauer untersuchet zu werden.

Zusatz des Uebersetzers.

Analysis der Lambertischen Photometrie.

Da Herr Priestley einen so umständlichen Auszug aus Bouguers Photometrie gegeben hat, wozu noch der eigentlich hieher gehörige siebente Abschnitt von der Ausmessung des Lichtes kömmt, so wäre es billig, von den noch genauern und vollständigern Untersuchungen des Hrn. **Lambert** über diese Materie gleichfalls den Leser so zu unterrichten, um desto mehr, da dieser schwere Theil der Optik, die Photometrie durch ihn mit einemmale der Vollkommenheit so nahe gebracht ist, wie wohl nie sonst eine Wissenschaft von einem einzigen Manne. Denn was man sonst von photometrischen Untersuchungen vorgenommen hat, sind einige wenige einzelne Stücke; selbst Bouguer hat in seinem größern Werke nur abgerissene Materien bearbeitet, und auch diese nicht erschöpfet. Die Lambertische Photometrie ist ein vorzügliches Beyspiel des schnellen Wachsthumes, mit dem die Wissenschaften in unsern Zeiten zunehmen, und der weit vortheilhaftern und sicherern Art sie zu bearbeiten. Sie kann übrigens auch zu einem vortrefflichen Muster dienen, wie man die Theorie mit der Erfahrung zu verbinden habe; wie man der Natur die Fragen vorlegen müsse, damit sie genau nur das antworte, was man verlanget; und wie man hierzu durch eine anfangs unvollständige Theorie gelangen könne. Aber es hängen auch die Sätze in derselben so zusammen, daß es schwer ist, sie außer der Verbindung zu verstehen und die Versuche beziehen sich so genau auf die dazu gehörigen Rechnungen, daß man sie nicht gut von einandern sondern kann. Darum werde ich hier nichts weiter thun können, als dem Leser, den die nähere Untersuchung der Optik interessirt, einen vorläufigen Begriff von einigen der wichtigsten Materien aus diesem tiefgedachten Werke geben.

In dem ersten Theile der Photometrie setzet Herr Lambert die ersten Gründe und Begriffe dieser Wissenschaft fest, zeiget, wie das gerade fortgepflanzte Licht zu messen sey, und untersuchet mit Hülfe der Erfahrung, wie weit die Schärfe des Auges bey Beurtheilung der Helligkeiten gehe. Da in der Photometrie gar viel auf die Deutlichkeit und Richtigkeit der Grundbegriffe ankömmt, so unterscheidet Herr L. erstlich die Helligkeit des Lichtes, das einen Gegenstand erleuchtet, und die Helligkeit des erleuchteten Gegenstandes; ferner die Helligkeit des Lichtes, in sofern sie dem Auge sichtbar ist, (claritas visa), und die Helligkeit desselben, in sofern es die Gegenstände erleuchtet. Bezieht sich die letztere auf den leuchtenden Körper, so heißt sie die erleuchtende Kraft (vis illuminans), und wenn auf den erleuchteten Gegenstand, die Erleuchtung (illuminatio). Diese, die Erleuchtung, verhält sich umgekehret, wie das Quadrat der Entfernung vom Lichte; die gesehene Helligkeit aber nicht. Der Unterschied ist in der Folge wichtig. Z. E. die Erleuchtung, welche die Erde von den Planeten erhält, ist ganz unbeträchtlich: ihr Glanz oder die gesehene Helligkeit ist merklich. Wolf verwirret beyde, wenn er in seiner Optik saget, daß Gegenstände in der Entfernung deswegen nicht so helle scheinen, wie in der Nähe, weil das Licht umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt. Auch von andern sind diese beyden Begriffe verwechselt. Wie die gesehene Helligkeit zu messen sey, trägt Herr L. hier noch nicht vor; in der Folge (§. 780.) bemerket er, daß die Einheit hierbey willkührlich sey, daß man bey sehr starkem Lichte die Helligkeit der Sonnen, bey schwächerm die Helligkeit des Mondes, oder noch besser, die Helligkeit einer Ebene, welche alle Strahlen unvermindert zurückwirft, dazu nehmen könne. Auch unterscheidet Hr. L. weiter unten (§. 268. 784. 1129.) die wahre Helligkeit, und die gesehene, wie sie dem Auge vorkömmt, und setzet (§. 268.) hinzu, daß die gesehene Helligkeit von der Oeffnung des Sterns im Auge abhange. Ich wünschte doch, daß diese Begriffe gleich Anfangs umständlicher erörtert wären. Kömmt es bey der Helligkeit in Absicht auf das Auge nicht auf die Erleuchtung des Bildes von dem Gegenstande im Auge an? Zuerst muß hierbey die Betrüglichkeit des Urtheils an die Seite gesetzet werden, wenn von der wahren Helligkeit und nicht von der scheinbaren die Rede ist. Ferner muß man keine Undeutlichkeit und keinen Eindruck der Lichtstrahlen auf die benachbarten Sehenerven, die sie nicht unmittelbar berühren, statt finden lassen, wenn von der claritate visa absolute vera die Rede ist. Denn, wenn sich wegen jener Ursachen die Größe des Bildes ändert, so muß sich auch die Erleuchtung desselben, bey sonst gleichen Umständen, ändern, und ich möchte die Helligkeit in diesem Falle von jener durch den Ausdruck, claritas visa relatiue vera, unterscheiden, weil sie auf die Beschaffenheit jedes individuellen Auges ankömmt. Dazu kömmt noch die claritas visa apparens, die von dem Urtheile der Seele abhängt. Die absolut wahre Helligkeit in Absicht auf das Auge, wird bey gleicher Oeffnung der Pupille und gleicher Entfernung des leuchtenden Körpers sich wie die Dichte der Strahlen beym Auge verhalten, ohne daß es hierbey auf die Größe des Körpers ankömmt, weil der erleuchtete Raum auf der Netzhaut sich wie die scheinbare Fläche des Körpers verhält; verändert sich

die Oeffnung der Pupille, so wird die Helligkeit in eben dem Verhältnisse verändert werden müssen; verändert sich die Entfernung des leuchtenden Körpers, so verändert sich die Dichte der Strahlen beym Auge, allein auch zugleich die Fläche des Bildes: daß also, wenn sowohl die Flächen der Bilder, als die Dichten der Strahlen sich verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten, die Helligkeit auf die Entfernung nicht ankömmt. Von einem Verluste, den die Strahlen unterwegens leiden, ist hier noch nicht die Frage. Um die Einheit für die Helligkeit zu bestimmen, muß man dennach einen leuchtenden Körper auswählen, dessen Entfernung Eins setzen, und eine gewisse Oeffnung der Pupille zur Einheit nehmen, so wird die Helligkeit eines jeden andern Körpers gleich seyn der Dichte seiner Strahlen in jener Entfernung, multipliciret in die Oeffnung der Pupille; oder, wenn man eine andere Entfernung nimmt, der Dichte seiner Strahlen in dieser Entfernung, dividiret durch das Quadrat der Entfernung, und multipliciret in die Oeffnung des Auges. Verändert sich wegen der Ausbreitung der Lichtkegel auf der Netzhaut, oder wegen des Eindruckes auf die benachbarten Fibern die Größe des Bildes, oder bleibt dieses nicht der scheinbaren Ausdehnung des Gegenstandes proportional, so wird die Helligkeit sich umgekehrt wie die Fläche des Bildes verändern. Man sieht leicht, daß die erste Art der gesehenen Helligkeit in den theoretischen Untersuchungen gebrauchet werden muß, so wie man bey den Versuchen auf die andere Art, wie auch auf die Abweichungen und Unsicherheit des Urtheils der Seele von der Helligkeit Rücksicht zu nehmen hat. Ich überlasse diese meine Vorstellungen von dieser Sache der Prüfung des Lesers und kehre zu unserm Verfasser zurück.

Er setzet vier Grundsätze der Photometrie feste, sowohl durch Schlüsse als durch Erfahrung, nämlich 1. die Erleuchtung verhält sich wie die Menge der Lichter, das ist, wie die Oberfläche des erleuchtenden Körpers, bey übrigens gleichen Umständen, als Entfernung und Intensität des Lichtes oder Dichte der Strahlen. 2. Sie verhält sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Ebene von dem Lichte. 3. Sie verhält sich verkehrt wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Ebene. Diese drey ersten sind schon von andern gebrauchet. Der vierte ist erst von unserm Verfasser zuerst eingeführet, und enthält: daß die Erleuchtung dem Sinus des Winkels, welchen die Strahlen mit der leuchtenden Fläche machen, (anguli emanationis) proportional ist. Diesen Satz beweist er erstlich daher, daß die Sonnenscheibe an allen ihren Stellen gleich helle scheint, daß also diese Stellen eine Erleuchtung, nicht nach dem Maaße ihrer Größe, sondern nach dem Maaße ihrer senkrechten Projection auf die Sonnenscheibe, verursachen. Er erweist diesen wichtigen Satz in der Folge durch mehrere Erfahrungen, so wie er ihn auch durch Schlüsse bestärket *). Herr Euler hat in seiner

*) Inzwischen bemerke ich aus Bouguers Werke von der Gradation des Lichtes, S. 90. daß er die Sonne mit seinem Heliometer ungleich helle gefunden zu haben erzählet, nach dem Rande hin schwächer als um den Mittelpunct, woraus er schließt, daß das Licht,

seiner Abhandlung von den verschiedenen Graden des Lichtes der Sonne und der andern Himmelskörper, (Mem. de l'Acad. de Berlin 1750.) auf den Unterschied wegen der Lage der erleuchtenden Fläche gegen die Strahlen nicht geachtet. Herr Lambert beweist nunmehr einige Sätze, die man sonst nur als beynahe wahr angenommen hatte, in völliger Schärfe, als: Wenn der leuchtende Körper sphärisch ist, so verhält sich die senkrechte Erleuchtung umgekehret wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Ebene, ohne daß man nöthig hat, den scheinbaren Halbmesser der leuchtenden Kugel als unbeträchtlich klein anzunehmen; und, wenn ein sphärischer Körper eine gegebene Ebene, bey gleicher Entfernung des Mittelpunktes einmal senkrecht, das anderemal schief bescheint, so verhält sich die senkrechte Erleuchtung zu der schiefen, wie der Sinus totus zu dem Sinus der Höhe des Mittelpunctes bey der schiefen Erleuchtung. Neu ist auch die hierauf folgende Untersuchung der Fälle, wo das Licht nicht sphärisch ist, dergleichen vorkommen, wenn das Tageslicht durch die Fenster, über einer Mauer, einem Dache einfällt. Herr Lambert berechnet zu dem Ende die Erleuchtung, welche sphärische Dreyecke und Vierecke in dem Mittelpuncte der Kugel hervorbringen. Die übrigen Untersuchungen dieses Theiles sind gleichfalls sehr merkwürdig, lassen sich hier aber nicht im Auszuge anführen.

Der zweyte Theil beschäfftiget sich mit den Veränderungen, die das Licht beym Durchgange durch durchsichtige Körper, besonders durch Glas, leidet, und zuerst mit dem Falle, wenn der durchsichtige Körper aus einer oder mehrern ebenen Glastafeln besteht. Völlig durchsichtige Körper wären solche, die gar kein Licht weder zurückwerfen noch zerstreuen. Wahrscheinlich giebt es keine, die gar kein Licht zerstreuen, und gewiß keine, die kein Licht zurückwerfen. Es werden also schon die Körper völlig durchsichtig heißen können, die nur kein Licht zerstreuen, wenn sie gleich einen Theil des auffallenden Lichtes unter dem Winkel, unter welchem es aufgefallen war, zurückwerfen. Die Menge des zurückgeworfenen Lichtes hängt von der Dichte des durchsichtigen Körpers, und des daran gränzenden Mittels ab. Licht, welches aus Wasser in Glas geht, wird weniger zurückgeworfen, als wenn es aus Luft in Glas geht. Bey dem Durchgange aus dem dichtern Mittel ins dünnere wird mehr zurückgeworfen, als in dem gegenseitigen Falle. Völlig klares Wasser und sehr schwarze Dinte in irdene, inwendig schwarz glasurte Gefäße gethan, stellten das Bild des heitern Himmels gleich helle dar. Der kleine Unterschied der Dichte der Dinte und des Wassers war dabey wenigstens nicht merklich. Es kömmt also auf die größere und geringere Undurchsichtigkeit nicht an. Das von Glastafeln durchgelassene, zurückgeworfene und zerstreuete Licht mit einander zu vergleichen, bedienet sich Herr Lambert eines außerordentlich sinnreichen Verfahrens, das zum Muster, auch bey andern, nicht optischen Untersuchungen, dienen kann. Die Rechnung stellet er für solche Gläser an, die vollkommen durchsichtig sind. Die

Licht, welches jeder Punct der Sonne aussendet, mehr geschwächet wird, als in dem Verhältnisse der Sinus der Winkel, welche die Strahlen mit der Sonnenfläche machen.

Versuche konnten nicht anders als mit Glase, das etwas Licht zerstreuet, angestellet werden. Nun war die Schwierigkeit, mittelst Gläser, die nicht vollkommen durchsichtig sind, zu finden, was bey vollkommen durchsichtigen statt finden würde, um daraus zu bestimmen, was vom Lichte durch das Glas zerstreuet und verschlungen wird. Die Methode, deren sich Herr Lambert bedienet, ist folgende. Zuerst nimmt er an, daß gar kein Licht zerstreuet oder verschlungen werde, und untersuchet, wie bey einer Glastafel das zurückgeworfene und durchgelassene Licht sich gegen einander verhalte, wenn das Verhältniß des einfallenden und zurückgeworfenen Lichtes an der Vorderfläche $1:q$, und des an der Hinterfläche einfallenden und zurückgeworfenen $1:p$ ist. Es ist nämlich die Menge des unmittelbar zurückgehenden und des nach allen Zurückwerfungen von der Hinterfläche wieder durch die Vorderfläche ausfahrenden Lichtes, $M = \frac{q+p}{1+p}$ und des durchgehenden $N = \frac{1-q}{1+p}$ deren Summe $= 1$, die Menge des einfallenden Lichtes ist. Ferner berechnet er, unter derselben Voraussetzung, die Menge des von mehrern hinter einander Glastafeln zurückgeworfenen Lichtes, bey demselben Einfallswinkel auf die erste derselben, und findet, noch immer in unbestimmten Ausdrücken, wie bey einem einzigen Glase das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelassenen Lichtes beschaffen ist, wenn bey demselben Einfallswinkel mehrere hinter einander gestellte Gläser das zurückgeworfene Licht dem einfallenden gleich machen. Er suchet auch die Gränzen, zwischen welche p und q unabhängig von den Versuchen fallen müssen, nach einer sonst eben nicht gebrauchten Methode, außer daß Newton sich eines ähnlichen Verfahrens bey Bestimmung der Gränzen für die Oerter eines Kometen bedienet hat. Das Mittel dieser Gränzen sieht er als den Werth an, der von dem wahren nicht viel unterschieden seyn wird. Nun zu den Versuchen. Er zog auf einer gewissen Tafel einen schwarzen Strich einer Linie breit, stellte darüber eine Glastafel, und suchte den Ort seines Auges, wo ihm das durch die Zurückwerfung gesehene Bild des einen Theiles des Striches gleich aschfarbicht wie das durch die Brechung gesehene schien. Er fand, daß alsdenn der Neigungswinkel der einfallenden Strahlen $14\frac{1}{2}$ Grad betrug. Diesen Versuch stellte er mit mehrern hinter einander gesetzten Glastafeln an, und fand die Neigungswinkel, wie folget.

Gläser.	Neigungswinkel.	Gläser.	Neigungswinkel.
1 — —	$14\frac{1}{2}$ Gr.	6 — —	39 Gr.
2 — —	22	7 — —	43
3 — —	27	8 — —	47
4 — —	31	9 — —	$50\frac{1}{2}$
5 — —	35		

Aus den vorher angestellten Rechnungen folgete, daß, bey völlig durchsichtigen Gläsern, das von dem ersten dieser Gläser, ohne die übrigen, zurückgeworfene Licht nach der Folge der Winkel, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, u. s. w. des einfallenden ist, z. E.

unter

unter dem Neigungswinkel 27 Grad, $\frac{1}{4}$ des auffallenden, daher das gebrochene und durchgegangene die übrigen $\frac{3}{4}$ ausmacht. Nun wird man fragen, ob nicht die eben angeführten Winkel ziemlich anders würden ausgefallen seyn, wenn völlig durchsichtige Gläser hätten genommen werden können. Herr Lambert aber zeiget aus noch andern Versuchen und der darüber angestellten Rechnung, daß der Unterschied der Winkel in beyden Fällen so klein seyn müsse, daß er gegen die Fehler, denen die Versuche selbst unterworfen sind, nicht zu rechnen ist, und daß die Winkel selbst mit den durchsichtigsten Gläsern nicht genauer hätten bestimmet werden können. Der Verlust des Lichtes wegen der Undurchsichtigkeit verändert das Verhältniß M:N, worauf es hier eigentlich ankömmt, nicht merklich, wenn gleich die Größen M und N selbst sehr dadurch leiden. Er verbessert die Winkel auch durch eine graphische Operation, dadurch er die kleinen Anomalien in der Fortschreitung dieser Winkel wegnimmt. Diese sind aber bey den meisten unbeträchtlich; nur bey dem letzten, der nothwendig größer seyn mußte, beträgt die Verbesserung so viel als 11 Minuten. Nun ist aber noch das schwerste zurück, nämlich zu bestimmen, wie die Größen p und q von den Einfallswinkeln abhängen. Hier ist alle Theorie vom Lichte so unzulänglich, wie nur irgends sonst, und Herr Lambert konnte nichts weiter thun, als die seinige nach den Erfahrungen einzurichten, ohne sie a priori beweisen zu können. Sie enthält folgende Stücke. Das Licht wird durch die Brechung nicht plötzlich von seinem Wege abgelenket, sondern es wird allmählig gekrümmet, bis es die Richtung erhält, mit welcher es in dem zweyten Mittel fortgeht. Man muß sich demnach auf beyden Seiten der brechenden Fläche einen Raum vorstellen, der von den parallelen Flächen CL, AB eingeschlossen ist, zwischen welchen die Brechung und Zurückwerfung geschieht. Der Strahl EF beschreibt innerhalb derselben die krumme Linie FMA, und geht darauf in A nach der Richtung AI, der Tangente in A fort. Man nehme eine unendlich dünne Schichte dieses Raumes, MQqm, nach den mit AB parallelen MQ, mq, ziehe das Einfallsloth HF, und damit die parallele $M\mu$, so wird zuerst angenommen, daß in einer und derselben Schichte MQqm das Verhältniß sin HFE : sin $mM\mu$ unveränderlich sey, was auch der Winkel HFE seyn mag. Zweytens, wenn die Menge des in F auffallenden Lichtes $= 1$, und die Menge des in M noch übrigen v, so ist der Verlust, den man, wie eine Differentialgröße, dv bezeichnen kann, proportional der Menge des Lichtes v; der zurückwerfenden Kraft, oder wie man sonst dasjenige nennen will, was die Zurückwerfung verursachet, dem Raume Mm; und umgekehrt dem sin $Mm\mu$. So findet Herr Lambert durch Hülfe der Integralrechnung folgende Reihe, $\log.\frac{1}{v} = \sec.\gamma^2(\alpha - \beta\tan\gamma^2 + \delta\tan\gamma^4 - \text{etc.}$ wo γ den Einfallswinkel HFE, bezeichnet, und α, β, δ, solche Größen sind, die von dem Winkel γ nicht abhangen. Von dieser Reihe nimmt er nur den ersten Terminus, und setzet also

$$-\log v = \alpha\sec\gamma^2 = -1 - (1 - q)$$

Eine ähnliche Formel nimmt er auch für das von der Hinterfläche zurückgeworfene Licht an, wo das Verhältniß der Mengen des einfallenden und zurückgehenden $1 : p$ ist, und setzet

$$\alpha^1 \sec\gamma^2 = - \log (1 - p)$$

Hier müssen α und α^1 aus Erfahrungen bestimmt werden. Solche hatte Hr. Lambert angestellet, aus welchen durch die Combination mit den oben beschriebenen, und mit Zuziehung der vorher entworfenen Theorie p und q nebst γ bekannt waren. Also hatte er nunmehro die Größen α und α', und die Formeln werden demnach diese

$$\log (1-q) = - 0{,}0087241 . \sec\gamma^2 .$$
$$\log (1-p) = - 0{,}0199966 . \sec\gamma^2 .$$

Da nun aus den Versuchen mit den Glastafeln gefunden war, wie viel Licht unter den dabey vorkommenden Winkeln von einer einzigen Glastafel zurückgeworfen wird, so berechnet er für diese Winkel, deren Complemente zu 90 Grad in jenen Formeln γ heißen, die Größen q, p; und da die Menge des gesammten zurückgeworfenen Lichtes, wenn 1 das auffallende ist, durch die Formel, $M = \frac{q+p}{1+p}$ bestimmt wird, so konnte er nun seine Theorie von der Menge des zurückgeworfenen Lichtes mit der Erfahrung vergleichen. Folgende wichtige Tabelle, ein Probierstein aller physischen Theorien des Lichtes, enthält die Resultate aller obigen Untersuchungen.

Aus Beob. Neigungswinkel.	Aus Rechnung. q	p	M	Aus Beob. M	Unterschied.
$14\frac{1}{2}$	0,2741	0,5136	0,5205	0,5000	+0,0205
12	0,1333	0,2753	0,3204	0,3333	−0,0130
27	0,0928	0,1968	0,2421	0,2500	−0,0079
31	0,0729	0,1566	0,1985	0,2000	−0,0015
35	0,0592	0,1283	0,1663	0,1667	−0,0004
39	0,0494	0,1078	0,1428	0,1429	−0,0001
43	0,0423	0,0925	0,1234	0,1250	−0,0016
47	0,0368	0,0810	0,1091	0,1111	−0,0020
$50\frac{1}{2}$	0,0332	0,0731	0,0991	0,1000	−0,0009

Aus dieser Tafel zog er darauf folgende für alle Neigungswinkel von 10 zu 10 Graden.

Neigungs=

Neigungswinkel	q	p	M	N
10°	0,4862	0,7766	0,7108	0,2892
20	0,1578	0,3204	0,3622	0,6378
30	0,0772	0,1653	0,2070	0,7930
40	0,0474	0,1046	0,1376	0,8624
50	0,0337	0,0705	0,0973	0,9027
60	0,0264	0,0585	0,0802	0,9198
70	0,0225	0,0499	0,0690	0,9310
80	0,0203	0,0450	0,0624	0,9376
90	0,0199	0,0448	0,0619	0,9381

Es ist merkwürdig, daß die Menge des zurückgeworfenen Lichtes gegen das einfallende an der Hinterfläche des Glases weit größer ist als an der Vorderfläche. Dieses ließen auch die Gränzen, welche für q und p nach der bloßen Theorie abgestecket waren, schon vorher sehen. Bouguer fand auch, daß die innere Zurückwerfung stärker als die äußere; es ist aber fast so gut wie nichts, was er von dem Verhältnisse beyder herausbringt. Unser Verfasser hat hingegen die Sache mit einemmale ins Reine gebracht. Allem Mißverständnisse vorzubeugen, bey der Vergleichung dieser und der Bouguerschen Tafeln, erinnere ich, daß in den vorstehenden Tafeln nur das Verhältniß M : N, des zurückgeworfenen und gebrochenen Lichtes zu verstehen ist, wenn man sie auf die Brechung und Zurückwerfung, wie sie wirklich in der Natur geschieht, anwenden will. Denn alle Versuche über die Helligkeit des Lichtes gaben nur Verhältnisse, und zwar der Gleichheit, zu erkennen. Wenn man also das zerstreuete und verschluckte Licht von dem einfallenden abzöge, und den Rest durch 10000 bezeichnete, so würde man behaupten können, daß von diesen 10000, wenn sie z. E. senkrecht auffallen, 619 theils von der Vorderfläche, theils von der Hinterfläche zurückgeworfen werden, und die übrigen 9381 durchgehen, daß ferner von eben diesen 10000 Strahlen 199 von der Vorderfläche zurückgeworfen werden; daß von den übrigen 9801, die Hinterfläche 439, nämlich in dem Verhältnisse von 1 zu 0,0448 zurückfendet, von welchen 439 die Vorderfläche in dem nämlichen Verhältnisse 19 zurückwirft, und die übrigen 420 durchläßt, welche mit jenem 199 zusammen 619 ausmachen. Die übrigen Zurückwerfungen von der Hinterfläche werden nämlich ganz unbeträchtlich. Denn daß der Verlust des Lichtes sehr ansehnlich ist, kann man aus folgendem abnehmen. Unser Verfasser berechnet das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelassenen Lichtes, wenn es senkrecht durch eine Anzahl paralleler Glastafeln geht, allen Verlust bey Seite gesetzet. Wenn die Anzahl der Gläser x heißt, so ist das zurückgeworfene $= \frac{x}{15,1535 + x}$ worunter außer dem von der ersten Tafel unmittelbar zurückgeworfenen noch das mit zu verstehen ist, was sie von dem Lichte das die hintern zurückwerfen, durchgehen läßt. Es würden also 15 Glastafeln das durchgehende Licht noch nicht völ-

lig

lig auf die Hälfte des einfallenden bringen; und doch sind in der That zwey mittelmäßig durchsichtige Gläser dazu im Stande.

Ich mußte den Auszug dieses einzigen Kapitels so umständlich machen, weil es das merkwürdigste Beyspiel liefert, wie man physikalische Theorie, Geometrie, Rechnung und Versuche mit einander verbinden, und eins dem andern zu Hülfe kommen lassen könne, um der Natur ihre Geheimnisse abzulocken. Dabey schien es mir vorzüglich bequem, dem Leser dadurch den Geist der Lambertischen Photometrie zu entwickeln.

Herr Lambert stellet hierauf Untersuchungen über den Verlust des Lichtes in durchsichtigen Mitteln an. Er ließ auf eine weiße Fläche Licht durch eine Glastafel, und von einer andern Glastafel auf dieselbe Stelle durch die Zurückwerfung fallen, so daß diese Stelle vom beyderseitigem Lichte so helle, wie das übrige von dem gerade auffallenden schien. Mit Hülfe der vorigen Theorie berechnete er, wie viel die Erleuchtung betragen müßte; der Unterschied von der wirklichen gab ihm den Verlust an. Diesen brauchet er in einer neuen Rechnung die unbekannte Größe zu bestimmen, und findet nun für senkrecht auffallendes Licht, das durch mehrere Gläser geht, folgende Resultate

Gläser.	Zurückgew.	Gebrochnes.	Verlohrnes.
1	00,516	0,8111	0,1373
2	0,0856	0,6596	0,2548
3	0,1081	0,5368	0,3551
4	0,1228	0,4377	0,4495
8	0,1467	0,1945	0,6588
16	0,1524	0,0387	0,8089
32	0,1526	0,0016	0,8458

Von den ebenen Flächen geht unser Verfasser zu den krummen und untersuchet die Stärke des durch ein oder mehrere Linsengläser gebrochenen Lichtes. Wenn die Oeffnung eines Linsenglases so klein gemachet wird, daß die Helligkeit des Bildes der Erleuchtung von dem gerade auffallenden Lichte gleich ist, so verhält sich das auf die Oeffnung des Glases fallende Licht, zu dem durch das Glas wirklich gehenden, wie die Fläche der Oeffnung des Glases zu der Fläche des Bildes. Ein Versuch, da er das Licht des Himmels durch ein Linsenglas gehen ließ, zeigete ihm, daß dieses Glas etwa den sechsten Theil des Lichtes zurückwarf und zerstreuete. Fast eben dieses fand er aus andern Sätzen seiner Theorie, die sich also sehr wohl bestärkte. Von der Erleuchtung durch Linsengläser, die in der übrigen Optik sehr nützlich angewandt werden kann, findet man schon vieles in der Optik der Herren **Smith** und **Kästner**, und in den Abhandlungen des Herrn **Eulers**, in den Petersburger und Berliner Sammlungen, wiewohl sie das zurückgeworfene und zerstreuete nicht mit in Betrachtung gezogen haben, worauf aber Herr **Lambert** seine Untersuchungen erweitert, und auch die Helligkeit durch mehrere Gläser berechnet.

Der

Der dritte Theil enthält die Berechnung des von undurchsichtigen Körpern, besonders von Spiegeln, zurückgeworfenen Lichtes. Von dem auf solche Körper fallenden Lichte wird nur ein Theil so zurückgesandt, als wenn sie eine völlig glatte Oberfläche hätten; ein Theil wird wegen der Ungleichheiten nach allen Seiten hin zerstreuet; ein Theil, der in die Blättchen an der Oberfläche des Körpers dringt, geht von diesen wieder zurück und giebt dem Körper seine Farbe; ein Theil endlich geht in dem Körper selbst verlohren. Nach den theoretischen Untersuchungen, deren Abriß ich ungern weglasse, erzählet Herr Lambert seine Versuche, worinn er aber nicht zu sehr ins Einzelne geht wie **Bouguer**. Er erleuchtete durch eine Lichtflamme eine weiße Wand senkrecht, beschattete einen Theil derselben und ließ auf diesen Theil das Licht von 4 mit Quecksilber soliirten Spiegeln fallen, so daß der beschattete Theil so helle von den Spiegeln aussah, wie der von dem Lichte unmittelbar erleuchtete. Das Licht fiel auf die Spiegel, und von da auf die Wand fast senkrecht. Er fand, daß von 10000 auffallenden Strahlen 4648 verlohren giengen, und nur 5352 zurückgeworfen wurden. Dabey findet er, daß das Quecksilber $\frac{1}{3}$ des senkrecht einfallenden verschlucket, wiewohl es etwas mehr zurücksenden mag, wenn die Strahlen unmittelbar aus der Luft darauf fallen. Ferner vergleicht Hr. L. die Helligkeit des erleuchtenden und des erleuchteten undurchsichtigen Körpers, dessen Oberfläche rauh ist, und bestärket zuerst den Anfangs festgesetzten Satz, daß die directe Erleuchtung wie der Sinus des Emanationswinkels abnimmt, durch einen Versuch: da er nämlich die Bilder von zwo gleichmäßig erleuchteten, aber gegen die Axe eines Linsenglases ungleich gestellten Flächen, in gleichen Entfernungen von der Axe gleich helle findet. Ein undurchsichtiger Körper kann in zweyerley Absichten weiß genannt werden, einmal, wenn er das auffallende Licht so zurückwirft, daß die gefärbten Strahlen darinn in der zur Weiße gehörigen Mischung vorhanden sind, es mag nun so viel von dem auffallenden seyn, als da wolle; zweytens, und das wäre der höchste Grad der Weiße (albedo absoluta) wenn er alles weiße auffallende Licht wieder zurücksendet, dergleichen es aber wohl nicht giebt. Man kann aber diese Weiße zur Einheit brauchen, um die wirkliche Weiße in diesem Verstande dadurch auszudrücken. Hier giebt unser Verfasser einen sehr merkwürdigen Lehrsatz, den ich wegen seiner Neuheit und Brauchbarkeit nicht vorbey lassen kann. Er ist folgender: wenn die Ebene G von einer Lichtflamme L senkrecht erleuchtet wird, und vermittelst eines Linsenglases AB das Bild derselben F auf der Ebene DF in einer solchen Entfernung aufgefangen wird, daß die Helligkeit in der Mitte des Bildes F der Helligkeit eben der Ebene in D von dem gerade auffallenden Lichte gleich ist, so erhält man die *Weiße* der Ebene G, wenn das Product aus dem Quadrate der Entfernung LG und dem Quadrate der Secante des Winkels AGC durch das Product aus der Undurchsichtigkeit des Linsenglases, dem Quadrate der Entfernung LD und dem Producte der Tangente des Winkels AFC dividiret wird — Weiße bedeutet hier die Menge der zurückgeworfenen Lichtstrahlen, die Menge der einfallenden durch Eins ausgedrücket; Undurchsichtigkeit die Menge der durch die Linse wirklich nach F zusammenkommenden Strahlen, wenn die Menge

fig. 74.

der auf die Linse fallenden Eins heißt. Dieses muß durch die Erfahrung vorher ausgemachet werden. So fand er mittelst des obengedachten Linsenglases, daß die Weiße eines Buches Papier von der weißesten Gattung nur 0,4102 oder $\frac{2}{5}$ ist. Ein einzelner Bogen hatte nur eine Weiße von etwa $\frac{2}{13}$. Er bestrich ganz weißes Regalpapier mit Cremserweiß, und fand die Weiße desselben nicht viel größer als vorher, nämlich 0,4230. Auch nahm er zween mit Mennige bestrichene Bogen, stellte einen in G, den andern in F, und verfuhr wie vorher. Hier fand er den Bruch 0,2932, welcher die Menge der rothen zurückgeworfenen Strahlen anzeiget, die Menge der einfallenden rothen Eins gesetzet. Statt der Mennige nahm er Kreuzbeerensaft (f. bacc. rhamni) auch Grünspan und fand für jene Farbe den Bruch 0,2620 in diesem 0,1149.

In dem vierten Theile handelt Hr. Lambert eine Materie ab, die eigentlich den Anfang hätte machen sollen, wenn nicht die obigen Sätze dazu nöthig gewesen wären, nämlich die Lehre von der scheinbaren Helligkeit, besonders wenn das Auge sich der Fernröhre bedienet. Hiervon findet man schon schöne Untersuchungen in der Smithisch-Kästnerischen Optik (und in Hrn. Eulers Dioptrik, T. I. C. IV.) Hr. L. füget dazu noch merkwürdige ihm eigene Berechnungen und Versuche von dem Verhältnisse der Oeffnung des Auges und der Helligkeit des Gegenstandes, die ich aber hier vorbeylasse, um den Raum zu den Untersuchungen zu sparen, welche Herr Lambert in dem fünften Theile über die Zerstreuung des Lichtes, insbesondere bey dem Durchgange durch die Atmossphäre, anstellet.

Hier geht unser Verfasser vom Bouguer sehr ab. Letzterer findet, daß die Dichte des senkrecht auf die Atmossphäre fallenden Lichtes, wenn es die Erdfläche erreichet, 0,8123 ist, die Dichte des auffallenden Lichtes außerhalb der Atmossphäre = 1 genommen. Hr. Lambert hat zu Chur im Graubündner Lande, wo das Barometer 25 Paris. Zoll hoch steht, die Verminderung des Lichtes weit stärker gefunden. Seine Versuche selbst beschreibet er nicht, führet aber an, daß er gefunden, das Licht werde, wenn es senkrecht durch die Atmossphäre geht, in dem Verhältnisse 100:59 geschwächet. Hieraus und aus seinen Rechnungen giebt er folgende Tabelle

Höhe des Gestirnes.	Schwächung des Lichtes, v.	Höhe des Gestirnes.	Schwächung des Lichtes, v.
90	0,5889	40	0,4387
80	0,5841	30	0,3467
70	0,5692	20	0,2126
60	0,5425	10	0,0476
50	0,5009	Licht außer d. Atmosph.	1,0000

Die Rechnung ist bey unserm Verfasser weit leichter, als beym Bouguer. Er beweiset, daß der Logarithme der Schwächung des Lichtes sich wie die Summe aller

aller Hindernisse verhält, ohne daß es dabey auf die Krümme des Weges, und die Art der Vertheilung der Hindernisse ankömmt, daher man die Atmossphäre so viel niedriger machen kann, als wenn sie gleichförmig dichte wäre. In dieser Voraussetzung berechnet er den Logarithmen der Schwächung des Lichtes ganz leichte, und zwar durch eine Reihe, deren Coefficienten durch die Erfahrung, nämlich durch die Vergleichung des Sonnenlichtes in verschiedenen Höhen, gefunden werden. Das erste Glied dieser Reihe ist bey Höhen, die nur über 10 Gr. betragen, schon hinreichend. Es sey γ die Entfernung vom Zenith, v die Schwächung, oder die noch übrige Dichte des Lichtes, nachdem es durch die Atmossphäre gegangen, so ist

$$\log. \frac{1}{v} = 0{,}23 \sec. \gamma$$

Nach Bouguers Erfahrungen wären

$$\log. \frac{1}{v} = 0{,}089 \sec. \gamma.$$

Weiter untersuchet Hr. Lambert auch die Helligkeit durchsichtiger Mittel, besonders der Atmossphäre, von dem darinn zerstreueten Lichte. Die größte Helligkeit der Luft ist theils im Horizonte, theils in der Gegend der Sonne selbst. Hr. L. geht hier viel weiter, als Bouguer und giebt sehr nette Formeln, die Helligkeit der Luft für jede Stelle des Himmels und der Sonne zu berechnen. Die Resultate derselben enthält folgende Tabelle.

Höhe der Sonne.	Helligkeit im Horizonte.	Helligkeit neben der Sonne.	Helligkeit im Scheitelpuncte.
90	0,6310	0,2906	0,2906
80	0,6265	0,2923	0,2897
70	0,6126	0,3002	0,2864
60	0,5876	0,3123	0,2805
50	0,5482	0,3248	0,2710
40	0,4885	0,3500	0,2562
30	0,3972	0,3666	0,2338
20	0,2602	0,3503	0,1927
10	0,0705	0,1870	0,1178

Die Einheit zu diesen Zahlen ist die Helligkeit einer von der Sonne beschienenen, außerhalb der Atmossphäre befindlichen Partikel, die man außerhalb derselben sähe. Für eine jede Stelle des Himmels die Helligkeit der Luft zu erhalten, muß man aus der zwoten Columne den Unterschied der Horizontalhelligkeiten nehmen, welche neben der Höhe der Sonne und der gegebenen Stelle stehen, diese mit der Cosecante der Höhe der gegebenen Stelle multipliciren, und mit dem Unterschiede der Cosecanten der Höhe der Sonne und dieser Stelle dividiren. Es sind freylich bey dieser Berechnung noch einige Umstände, die in der Natur eintreten, aus der Acht gelassen, weswegen die Stellen neben der Sonne heller, als nach der Tabelle

 ausfallen

ausfallen werden; dennoch mag diese Ausrechnung für die Luftperspectiv von großem Nutzen seyn. Auch berechnet Herr Lambert eine Tafel, (§. 908, 985.) worinn für verschiedene Höhen der Sonne die Helligkeit einer horizontalen Ebene, die entweder von der Sonne allein, oder von dem heitern Himmel allein erleuchtet wird, angegeben ist. Den Beschluß dieses Theiles machet eine natürliche Geschichte der Dämmerung.

Der sechste Theil ist der Bestimmung der Erleuchtung unsers Sonnensystems gewidmet. Hieran haben schon mehrere vor Hrn. L. gearbeitet, als **Thümmig**, *) **Smith**, **) **Kies**, ***) **Euler** †) und **Bouguer** ††). Unter diesen betrachtet **Thümmig** bloß die Dichte des senkrecht auf die Hauptplaneten fallenden Sonnenlichtes, welches er nach dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen berechnet, so daß seine Rechnung unrichtig ist, wenn alle Planeten einerley Weiße haben. **Kies** untersuchet die Fälle, in welchen der Glanz der Venus am stärksten ist, nimmt aber auf den Unterschied der Erleuchtung und der gesehenen Klarheit nicht Rücksicht. **Bouguer** bestimmte durch Versuche das Verhältniß zwischen der Helligkeit der Sonne und derjenigen des Mondes, wie 300000 zu 1. **Smith** suchte es durch Schlüsse auf zweyerley Art, und fand es 90900 zu 1, wenn der Mond völlig weiß ist, oder alle auffallende Strahlen zurückwirft. Das Licht der Mondsbrüche läßt er in gleichem Verhältnisse mit der Breite des Bruches abnehmen. **Euler** setzet das Verhältniß wie 374000 zu 1 an; machet aber wie Smith keinen Unterschied zwischen der gesehenen Klarheit und der Erleuchtung, und zieht den Emanationswinkel nicht in Betrachtung.

Herr Lambert nimmt also die Sache nach seiner Art von Grunde aus vor, und machet mit der Untersuchung des Mondenlichtes den Anfang. Vorausgesetzet, daß der Mond den vierten Theil des auffallenden Lichtes zurückwirft, oder daß seine Weiße $\frac{1}{4}$ ist, so ist die Sonne 277000mal heller als der Mond. Dieses geht von von der Bouguerschen Bestimmung nicht viel ab, kömmt auch von einer andern Seite mit Smiths Voraussetzung überein, als der die Helligkeit des Mondes der Helligkeit des heitern Himmels gleich hält, welche unser Verfasser genau auch 277000mal so klein findet, als die Klarheit der Sonne. Indessen scheint diese Helligkeit Herrn Lambert doch zu groß. Denn das weißeste Bleyweiß hat nur eine Weiße, die $\frac{2}{5}$ ist. Er läßt also diesen Punct unausgemachet, berechnet aber dagegen auf eine neue Art die gesehene Klarheit des Mondes nach allen seinen Gestalten. Zur Einheit nimmt er die Helligkeit derer Theile an, die mitten auf dem Monde liegen, wenn sie senkrecht, wie in dem Vollmonde erleuchtet werden, und zwar, da sie nicht immer gleich ist, nach einem Mittel.

Entfern.

*) In den Differt. de propagatione luminis, per systema Planetarium. Halae 1721.

**) Lehrbegr. der Optik, S. 382. d. d. A.

***) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1750. p. 218.

†) Ibid. p. 280.

††) Tr. d'Optique, p. 85.

Entfern. des ☾ von der ☉.	Mittlere Klarheit der Mondsgestalt.	Entfern. des ☾ von der ☉.	Mittlere Klarheit der Mondsgestalt.
0°	0,0000	90	0,4244
10	0,0494	100	0,4657
20	0,0986	110	0,5048
30	0,1475	120	0,5413
40	0,1959	130	0,5747
50	0,2437	140	0,6043
60	0,2907	150	0,6294
70	0,3366	160	0,6490
80	0,3814	170	0,6619
90	0,4244	180	0,6666

Auch giebt uns Herr Lambert eine Berechnung der Erleuchtung einer Ebene von dem Monde, außerhalb der Atmossphäre, auf welche Art auch die Klarheit der vorstehenden Tabelle zu nehmen ist. Er untersuchet darauf wie sehr der Mond durch das von der Erde zurückgeworfene Licht, welches man an dem Neumonde deutlich wahrnimmt, erleuchtet werde. Die Weiße der Erde rühret nicht sowohl von ihrer Oberfläche, als von ihrer Atmossphäre her. Das Wasser wirft wenig Licht zurück, das feste Land auch nicht viel, außer was mit Schnee bedecket ist. Hingegen verhält sich die Helligkeit der Atmossphäre zu der Helligkeit des Bleyweißes, bey einer Höhe der Sonne von 60 Gr. und bey senkrecht auffallenden Strahlen, wie 2 zu 5. Da nun die Weiße des Bleyweißes 0,4 ist (es sendet von 10 Strahlen 4 zurück) und die Sonnenstrahlen bey einer Höhe von 60 Grad in dem Verhältnisse 5 : 3 geschwächet werden, so ist die Helligkeit einer vollkommen weißen Ebene zu der mittlern Helligkeit der Atmossphäre wie $(\frac{5}{3}.\frac{5}{2}):\frac{2}{5} = 125:12 = 10\frac{1}{2}:1$. Würde also weiter kein Licht von der Erde auf den Mond zurückgeworfen, so wäre die Weiße der Erde $\frac{1}{10}$. Wird diese noch durch das Licht von dem Körper der Erde um $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ vermehret, so wird die Weiße der Erde $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$. Größer mag auch die Weiße des Mondes schwerlich seyn, obgleich Bouguers Versuch sie größer zu machen scheint.

Von dem Monde geht unser Verfasser zu den Planeten, deren Helligkeit zu messen er die Helligkeit des Mittels der erleuchteten Erdfläche zur Einheit annimmt, und diese Helligkeiten umgekehrt den Quadraten der Entfernungen von der Sonne proportional machet.

Planeten.	Centralhelligkeit in der Opposition.		
	größte	mittlere	kleinste.
Jupiter	0,0120	0,0110	0,0099
Saturn	0,0408	0,0370	0,0334
Mars	0,5234	0,4307	0,3608
Erde	1,0134	1,0000	0,9672
Venus	1,9396	1,9113	1,8856
Mercur	10,5760	6,6735	4,5560

Die Zahlen dieser Tabelle brauchet man nur durch die Zahlen für die Mondsgestalten zu multipliciren, um die mittlere Helligkeit jeder Phase zu erhalten. Man muß wissen, daß die Helligkeit der ganzen erleuchteten Scheibe allemal $\frac{2}{3}$ der Centralhelligkeit ist. Die obern Planeten zeigen nicht alle Phasen, wie es die untern thun, und verändern sich daher in der Helligkeit wenig. Denn bey einerley Entfernung des Planeten von der Sonne ist das Verhältniß zwischen der Helligkeit der völlig erleuchteten und der am meisten verminderten Scheibe für

Saturn — 1:0,998
Jupiter — 1:0,990
Mars — 1:0,862

Von dieser Erleuchtung ist die Helligkeit der Planeten, in so fern sie ins Auge fällt, noch unterschieden, als welche sich wie die Menge des Lichtes, das ins Auge kömmt, dividiret durch die Oeffnung des Bildes auf der Netzhaut verhält. Diese verhält sich demnach umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne, directe wie das Quadrat des Sinus des scheinbaren Durchmessers des Planeten von der Erde gesehen; und muß dabey in dem Verhältnisse der Centralhelligkeit des Planeten, wenn er in der Opposition ist, zu der mittlern Helligkeit seiner Phase, wie auch im Verhältnisse der scheinbaren ganzen Scheibe zu der scheinbaren Größe der Phase vermindert werden; wobey es endlich noch auf die Weiße des Planeten ankömmt. Setzet man die Weiße bey allen gleich, so verhält sich die Erleuchtung bey den obern Planeten in der Opposition, und bey den untern in der Dichotomie, wie folget.

Saturn — — 1
Jupiter — — 22
Mars — — 108
Venus — — 307
Mercur — — 97

Diese Verhältnißzahlen müssen noch durch die Größe des Bildes jedes Planeten auf der Netzhaut dividiret werden, um die wahre Helligkeit mit bloßen Augen zu erhalten. Dieses Bild ist größer, als es mathematisch seyn müßte, nicht allein wegen der kleinen Ausbreitung der Lichtkegel auf der Netzhaut, sondern auch, weil die

nächst

nächst dem Bilde gelegenen Fibern mit gereizet werden, und das Bild nicht ruhig an einer Stelle bleibt, weswegen die Stellen, auf welchen es herumirret, den Eindruck eine kurze Zeit behalten, und das Bild vergrößern. Dieses so vergrößerte Bild nennt Hr. L. imaginem sensibilem. Es ist für jeden Planeten ein anderes, und daher werden die Helligkeiten sich der Gleichheit mehr nähern, als die angeführten Zahlen. — Den Beschluß dieses Theils machen Untersuchungen über das Licht der Fixsterne und Muthmaßungen über ihre Entfernungen.

Der letzte Theil enthält Rechnungen und Versuche über die Stärke des gefärbten Lichtes und des Schattens. Der Unterschied verschiedentlich gefärbter Strahlen, in Absicht auf die Helligkeit, ist so geringe, daß man aus demselben die so verschiedene Beschaffenheit der Farben, die den Augen so sichtbar ist, schwerlich herleiten kann. Es kömmt die Helligkeit theils auf die Stärke jeder Gattung von Strahlen, theils auf ihre Dichte an. Dieses beydes für jede Farbe zu bestimmen, ist sehr schwer; doch hat unser Verfasser verschiedene Versuche, und einen Entwurf zu einer Berechnung, mitgetheilet, die in der Sache einiges Licht geben, und verspricht mehreres in der Pyrometrie zu liefern, wozu dieses ganze Buch nur die Vorbereitung hat seyn sollen.

Drittes Kapitel.

Bemerkungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen Farbe des Himmels, und der rothen Farbe der Wolken des Morgens und des Abends.

Es sind mancherley natürliche Erscheinungen, die da beweisen, daß die weniger lebhaft farbige Strahlen auf ihrem Wege durch die Atmossphäre aufgehalten, und nach andern Körpern hin zurückgesandt werden, wenn die rothen und hochgelben Strahlen viel weiter durchdringen. Dieser Umstand erkläret die Wahrnehmungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen Farbe des Himmels, und der rothen Farbe der Wolken zur Zeit, da die Sonne dem Horizonte nahe ist. Die beyden letzten Ereignisse mußten jedem in die Augen fallen, allein jenes andere hat der berühmte Otto Guerike zuerst bemerket, und nach ihm, weil man nicht weiter darauf Acht gegeben, der Herr von Büffon. Da dasselbe sonderbar genug ist, und in der Folge die Beobachtungen davon mit vieler Kunst vervielfältiget worden, auch die Ursache völlig erkläret ist, so will ich der Sache etwas mehr Raum gönnen, als sie sonst wohl verdienen möchte.

Meynungen von den Ursachen der blauen Farbe der Luft.

Die Meynungen der ältern Schriftsteller von der blauen Farbe des Himmels verdienen kaum erzählet zu werden. Fromondus glaubete, daß sie aus einer Mischung von Licht und der Schwärze des Raumes jenseits der Atmossphäre entstünde. Faber, der mit dieser Meynung sehr unzufrieden war, behauptete dagegen, daß sie von der Zurückwerfung des Lichtes an den in der Luft herumschwebenden Theilchen herrühre; und Funccius, der über diese Sache ein ganzes Buch geschrieben, leitete

tete fast wie Fromond die blaue Farbe des Himmels von einer Mischung vieles Schattens und wenig Lichtes her. Fromonds Meynung ward bis auf die gegenwärtige Periode fast allgemein angenommen, und hat selbst in den neuern Zeiten Vertheidiger gefunden, unter andern den berühmten **Wolf** und **Musschenbroek**. Dr. **Eberhard** selbst, der diese Meynungen erzählet, glaubet, daß die Luft ihre eigenthümliche Farbe habe, darum weil sie die blauen Strahlen stärker als die andern **bricht** [a]). Allein hiedurch wird die Absonderung aller blauen Strahlen von allen rothen für ein innerhalb der Atmossphäre befindliches Auge keinesweges erkläret. Außerdem hat man eine leichte Erklärung der Erscheinung, wenn man, wie Bouguer und andere schon vor Herrn Eberhard behauptet haben, annimmt, daß die blauen Strahlen von der Luft leichter zurückgeworfen und die rothen leichter durchgelassen werden.

Otto Guerikens Erklärung.

Otto Guerike sowohl als alle seine Zeitgenossen glaubten, daß die blaue Farbe des Himmels nichts als eine Mischung von Licht und Schatten, oder von Weiß und Schwarz wäre; auch versichert er, daß eine solche Mischung Blau giebt. Zum Beweise führet er an, daß wenn man des Morgens ein brennendes Licht verdecket und den Schatten auf weißes Papier fallen läßt, dieser vollkommen blau und nicht schwarz seyn werde [b]). Man sollte denken, wenn er weiße und schwarze Pulver wirklich mit einander vermischet hätte, daß er gesehen haben müßte, daß die Mischung nicht blau wird, und daß also die blaue Farbe in jenem Falle eine andere Ursache haben müsse. Allein Otto Guerike ist nicht der einzige große Mann, der die einfältigsten Facta und Bemerkungen übersehen hat, wenn sie sich nicht zu einer besondern Hypothese schickten. Wir dürfen uns destoweniger wundern, daß ein so frühzeitiger Naturforscher die Erscheinung unrecht erkläret hat, da wir finden, daß selbst **Büffon** und **Mazeas**, welche sie sorgfältig untersuchet haben, nicht auf den rechten Grund gekommen sind. Das ist aber merkwürdig, daß ein so sonderbares Ereigniß, wie das mit dem blauen Schatten, fast ein ganzes Jahrhundert unbemerket bleiben konnte, und auch denn nicht anders als zufälliger Weise, wie zum erstenmale bemerket werden mußte. Denn es war erst im Monat Julius 1742, daß Herr von **Büffon**, da er mit der Untersuchung der zufälligen Farben (wovon unten am gehörigen Orte) beschäfftiget war, und auf die untergehende Sonne wartete, um ohne Schaden sie ansehen zu können, und darauf die Farben mit ihren Abwechselungen, welche der Eindruck des Lichtes auf sein Auge hervorbrachte, zu bemerken, an den Schatten der Bäume, die auf eine weiße Mauer fielen, eine grüne Farbe wahrnahm. Er stand zu der Zeit auf einer Anhöhe, und die Sonne gieng in einer Oeffnung zwischen zween Bergen unter, so daß sie ziemlich tief unter seinem Horizonte zu seyn schien. Der Himmel war heiter, außer in Westen, wo er zwar ohne Wolken, aber doch mit Dünsten, von einer ins röthliche fallenden gelben Farbe dünne überzogen war. Die Sonne selbst sahe sehr roth aus, und schien wenigstens viermal größer als zu Mittage. Unter diesen Umständen bemerkte er ganz

Er bemerkt zuerst die blaue Farbe der Schatten.

nach ihm von Büffon.

a) Acta noua Ac. Caes. Tom. 2. App. p. 263. b) Exper. Magdeb. p. 142.

ganz deutlich, daß die Schatten der Bäume, welche 30 bis 40 Fuß von der Mauer standen, eine zarte grüne Farbe, die etwas ins blaue fiel, hatten. Der Schatten einer Laube, die drey Fuß von der Mauer stand, war auf derselben genau abgezeichnet, und sahe aus, als wenn er ganz frisch mit Grünspan gemalet wäre. Diese Erscheinung dauerte fast fünf Minuten, worauf sie immer schwächer ward, und mit dem Sonnenlichte zugleich verschwand.

Den folgenden Morgen gieng er mit Sonnenaufgang aus, andere Schatten auf einer andern weißen Mauer zu beobachten, aber anstatt sie, wie er vermuthete, grün zu finden, fand er sie blau, oder vielmehr von einer lebhaften Indigofarbe. Der Himmel war heiter, außer daß sich in Osten ein dünner Vorhang gelblichter Dünste befand, und die Sonne gieng hinter einem Hügel auf, so daß sie über seinem Horizonte erhaben war. Unter diesen Umständen blieben die Schatten nur drey Minuten lang blau und wurden darauf schwarz. An dem Abende dieses Tages beobachtete er die grünen Schatten genau wie den vorigen Tag. Die sechs folgenden Tage hinderten ihn die Wolken, seine Beobachtungen zu wiederholen; aber am siebenten Tage bey Sonnenuntergange waren die Schatten nicht grün, sondern schön himmelblau. Er bemerkte dabey, daß der Himmel damals wenig Dünste hatte, und daß die Sonne hinter einem Felsen untergieng, weswegen sie verschwand, ehe sie seinen Horizont erreichte. Von dieser Zeit an beobachtete er sowohl beym Aufgange als Untergange der Sonne die Schatten sehr oft, fand sie aber immer blau, allein auf mancherley Art schattiret. Er ließ diese Erscheinung verschiedene seiner Freunde bemerken, die sich eben so sehr darüber wunderten, als er es selbst gethan hatte. Jeder, erinnert er, kann einen blauen Schatten sehen, wenn er beym Aufgange oder Untergange der Sonne seinen Finger vor einem Stücke weißen Papiers hält. [c])

Wie Mazeas sie erkläret.

Der erste, der diese Erscheinung zu erklären versuchte, war der Abbe **Mazeas**, in den Abhandl. der Königl. Akad. zu Berlin vom J. 1752. Er beobachtete, da er einen dunkeln Körper von dem Monde und einer Lichtflamme zugleich erleuchten ließ, daß von den beyden Schatten desselben, die auf eine weiße Wand fielen, derjenige, den die Lichtflamme erleuchtete, röthlich, und der von dem Monde erleuchtete, blau aussah. Aber, ohne sonst einen andern Umstand in Betrachtung zu ziehen, wollte er diese Farben aus der Verminderung des Lichtes herleiten. [d]) Dagegen scheinen die Herren **Melville** und **Bouguer** jeder für sich auf die wahre Ursache dieser besondern Erscheinung, die ich schon beyläufig angeführet habe, gekommen zu seyn. Da kein Körper, saget der erstere, eine gewisse Farbe zeiget, als darum, weil er gewisse Gattungen von Strahlen häufiger als andere zurücksendet, da man auch nicht die Bestandtheile der reinen Luft für grob genug halten kann, daß sie für sich im Stande wären, die Strahlen in Farben abzusondern, so müsse man mit

Melvilles Erklärung.

c) Mem. de l'Acad. de Paris, 1743. p. 217.

d) Der Mondschatten war in diesem Versuche von der Lichtflamme, und der Lichtschatten von dem Monde erleuchtet. K.

mit Newton annehmen, daß die Strahlen, welche die Empfindung der blauen und violetnen Farbe erregen, häufiger als die übrigen von den feinen Dünsten zurückgesandt werden, die durch den Dunstkreis zerstreuet, und deren Theile nicht groß genug sind, um sie als undurchsichtige Wolken sichtbar zu machen. Ohne sich auf Otto Guerike oder auf Büffon zu beziehen, vermuthlich auch ohne ihre Wahrnehmungen zu kennen, zeiget er, daß unter gewissen Umständen, die bläulichte Farbe des von der Luft zurückgeworfenen Lichtes wirklich an den davon erleuchteten Körpern wahrgenommen werde; wie man, saget er, einwendet, daß es immer nach seiner Hypothese geschehen müßte. Denn wenn man bey einem heitern unbewölkten Himmel auf ein weißes Papier einen Körper leget, und beydes in die Sonne stellet, so wird der Schatten, der bloß von dem Lichte des Himmels erleuchtet wird, gegen das übrige, von der Sonne gerade zu erleuchtete Papier ziemlich bläulicht aussehen. e)

Bouguers Erklärung.

Bouguer nimmt die Dünste in der Atmossphäre nicht zu Hülfe, die Zurückwerfung der blauen Strahlen zu erklären, sondern leitet diese vielmehr aus der Beschaffenheit der Luft selbst her, welche mache, daß die weniger lebhaft gefärbten Strahlen nicht sehr weit durch sie durchdringen können. Daraus erkläret er die vom Büffon wahrgenommene blaue Farbe der Schatten des Morgens oder des Abends, welche, wie er saget, von den Malern sehr wohl bemerket ist, die man auch bey einer Lichtflamme kurz vor Sonnenaufgange wahrnehmen könne, allein wovon man, so viel er wisse, den wahren Grund nicht angegeben habe. Die Farbe des Lichtes von der Atmossphäre, welches diese Schatten erleuchtet, verursache diese Erscheinung. In dieser Farbe seyn die blauen Strahlen am häufigsten vorhanden, deren eine große Menge schief zurückprelle, dagegen die rothen Strahlen, welche nicht so weit zurückgeworfen werden, ihren Weg weiter fortsetzen, und auf den Schatten keinen Einfluß haben. f)

Warum der ganz verfinsterte Mond kupferroth erscheint.

Hierbey muß ich noch anführen, daß Dr. **Smith** aus dem Grunde, weil die blauen Strahlen von der reinen Luft am häufigsten zurückgesandt werden, die rothe Farbe der Sonne und des Mondes, wenn sie nahe am Horizonte sind, und die Kupferfarbe des Mondes bey gänzlichen Verfinsterungen erkläret. g)

Beguelins Erklärung und Beobachtungen.

Herr **Beguelin**, der diese Sache am sorgfältigsten untersuchet hat, bemerket, daß, weil Büffon saget, er habe die Schatten nur zweymal grün gesehen, da sie sonst immer blau gewesen, die ordentliche Farbe derselben blau seyn müsse, und daß diese durch einen zufälligen Umstand verändert worden. Grün sey nur eine Mischung von blau und gelb, so daß diese zufällige Veränderung von der Beymischung einiger gelber Strahlen in dem Schatten entstanden seyn möge; vielleicht habe auch die Mauer einen gelblichten Anstrich gehabt, daß also die blaue Farbe nur es sey, welche man zu erklären habe. Diese aber lasse sich ganz natürlich von der Farbe der reinen Luft herleiten, die uns blau scheint, und die also diejenigen Strahlen, welche die Empfindung dieser Farbe erregen, vor andern häufig zurücksendet.

e) Edinb. Essays, vol. 2. p. 75.
f) Tr. d'Opt. p. 368.
g) Opticks, Remarks, p. 63. (d. d. Ausg. S. 425.)

sendet. Alle Gegenstände, welche von der Sonne unmittelbar erleuchtet werden, erhalten zu gleicher Zeit mehr oder weniger von der Luft zurückgeworfene Strahlen; und da diese noch immer auf eine Sache fallen können, wenn gleich die von der Sonne gerade herkommenden aufgefangen werden, so sey es kein Wunder, daß der beschattete Theil einige von den blauen Strahlen zurücksenden könne, und daß man diese empfinde, sobald das Licht, welches die Empfindung derselben überwältigte, bis auf einen gewissen Grad geschwächet wird, wie es der Fall um die Zeit des Aufganges oder Unterganges der Sonne ist.

Seine Erklärung zu bestätigen, fügete er einige von ihm selbst gemachte artige Beobachtungen hinzu, in welchen die Erscheinung sich auf mehrerley Arten zeiget und derentwegen ich seine Bemerkungen vorangeschicket habe. Da er sich im Julius 1764 in dem Dorfe Buchholz aufhielte, beobachtete er auf freyem Felde bey heitern Himmel die Schatten, welche auf die weißen Blätter seiner Schreibtafel fielen. Um halb sieben Uhr des Abends, da die Sonne etwa vier Grad hoch stand, bemerkete er, daß der Schatten seines Fingers dunkelgrau war, wenn er die Schreibtafel senkrecht der Sonne entgegengesetzt hielt; wenn er sie aber beynahe horizontal hielt, daß die Sonnenstrahlen sehr schief auf das Papier fielen, so bekam der erleuchtete Theil eine bläulichte, und der Schatten auf dem Papiere eine schöne hellblaue Farbe[h]).

Wenn er sein Auge zwischen der Sonne und dem horizontal gehaltenen Papier stellete, so hatte dieses, ungeachtet es von der Sonne erleuchtet war, immer eine bläulichte Farbe; hielt er aber das Papier in dieser Lage zwischen der Sonne und dem Auge, so konnte er auf jedem kleinen Hügelchen, den die Ungleichheit des Papiers machete, die vornehmsten prismatischen Farben entdecken, die er selbst an den Nägeln der Finger und an der Haut seiner Hand bemerken konnte.[i]) Die Menge dieser roth, gelb, grün und blau gefärbter Puncte verdrang beynahe die natürliche Farbe der Gegenstände.

Um dreyviertel nach sechs Uhr fieng der Schatten an blau zu werden, wenn auch gleich die Strahlen senkrecht auf das Papier fielen. Die Farbe war lebhafter, wenn die Strahlen unter einem Winkel von 45 Gr. dagegen geneigt waren. Selbst bey einer kleinern Neigung des Papieres bemerkte er schon deutlich, daß der blaue Schatten zu oberst einen blauern Rand und zu unterst einen rothen Rand hatte. Allein diese Ränder zu erkennen, mußte der beschattende Körper nahe an das Papier gehalten werden. Denn in einer Entfernung von drey Zoll war der ganze Schatten blau. Jedesmal, wenn er die Schreibtafel offen gegen den Himmel gehalten hatte, kehrete er sie auch gegen den Erdboden zu, der mit Grün bewachsen war, und hielte sie so, daß die Sonne sie bescheinen und die Schatten von verschiedenen Dingen darauf fallen konnten; allein in dieser Lage konnte er bey keiner Nei-

h) Die Helligkeit des Papiers war in dem letzten Falle, wegen des kleinen Neigungswinkels der Sonnenstrahlen sehr geringe. K.

i) Eine Wirkung der Beugung des Lichtes vermuthlich. K.

gnng der Sonnenstrahlen, wie sie auch seyn mochte, an dem Schatten eine blaue oder grüne Farbe entdecken.

Um sieben Uhr, da die Sonne noch etwa zween Grad hoch schien, hatten die Schatten eine sehr blaue Farbe, selbst wenn die Strahlen senkrecht aufs Papier fielen. Diese war am schönsten, wenn das Papier mit dem obern Theile von der Sonne abwärts unter einem Winkel von 45 Gr. geneigt war; was er aber nicht erwartete, war, daß die blaue Farbe sich verlohr, wenn ein größerer Raum des Himmels das Papier erleuchtete, dergestalt, daß bey einer horizontalen Lage desselben der Schatten gar nicht mehr blau, oder es nur sehr schwach war. Diesen besondern Umstand erklärte er daraus, daß die Helligkeit des von der Sonne erleuchteten Theiles des Papiers und des beschatteten Theiles in dieser Lage sehr wenig unterschieden waren, da die Erleuchtung abnimmt, je mehr die Fläche gegen die Strahlen geneigt wird. Auf diese Art hatten zu viel und zu wenig Helligkeit einerley Wirkung, wiewohl aus verschiedenen Ursachen. Uebrigens sahe Herr **Beguelin** niemals einen grünen Schatten, als wenn er ihn auf gelbes Papier fallen ließ. Doch behauptet er nicht als gewiß, daß nicht auf eine andere Art noch grüne Schatten möglich seyn, und glaubet, wenn Büffon die blauen Schatten auf derselben Mauer gesehen hat, auf welche er eben Tage vorher die grünen gesehen hatte, daß die Ursache davon in den gelben Strahlen zu suchen ist, welche von den gelblichen Dünsten, deren Büffon erwähnet, zurückgeworfen worden.

Man kann auch, nach unserm Verfasser, blaue Schatten zu einer andern Zeit als bey Sonnenaufgange oder Untergange sehen; denn am 19 Julius hat er solche um drey Uhr Nachmittags wahrgenommen; die Sonne war aber zu der Zeit in einen sehr hellen Nebel gehüllet, der ihr Licht schwächte.

Bey heiterm Himmel fangen die Schatten an sich blau zu färben, wenn der wagerechte Schatten eines Körpers achtmal länger als der Körper hoch ist, oder wenn die Höhe des Mittelpuncts der Sonne 7° 8′ beträgt. Diese Wahrnehmung machte er im August.

Außer denen gefärbten Schatten, die bey gerade auffallenden Strahlen der Sonne entstehen, kann man, nach unserm Verfasser, dergleichen auch fast zu jeder Stunde des Tages, in Zimmern wahrnehmen, welche das Sonnenlicht durch die Zurückwerfung von einem weißen Gegenstande, als einem gegen über liegenden weißen Hause, erhalten, wofern man nur von dem Orte des Versuches einen Theil des klaren Himmels entdecken kann, und sonst alles unnöthige Licht so viel möglich zurücke hält. Beobachtet man diese Vorsicht, so kann man, saget er, zu jeder Zeit, selbst wenn das Sonnenlicht gerade in das Zimmer fällt, blaue Schatten sehen und sich überzeugen, daß die blaue Farbe genau an denjenigen Stellen des Schattens verschwindet, von welchen man keinen Theil des blauen Himmels sehen kann.

Alle Beobachtungen, welche Hr. Beguelin über den röthlichgelben Rand der Schatten machete, dessen oben gedacht ist, leiteten ihn auf den Gedanken, daß der Mangel des von dem Himmel zurückgeworfenen blauen Lichtes an dieser Stelle

Schuld

Schuld daran seyn müßte, daher dieser Theil des Schattens entweder von dem rothen Lichte der Wolken, oder von dem Lichte, welches ein oder anderer Körper in der Nähe dahin zurückgesandt, erleuchtet worden. In dieser Meynung ward er dadurch bestärket, daß der beschattende Körper sehr nahe an den weißen, der den Schatten auffangen sollte, gestellet werden mußte, um diesen rothgelben Rand hervorzubringen.

Zum Schlusse seiner Bemerkungen über die blauen Schatten führet er noch eine Art derselben an, die er auf dieselbe Weise wie jene erkläret. Diese sahe er oft im Anfange des Frühlinges, wenn er des Morgens frühe bey Lichte las, und der Schein der Dämmerung und des brennenden Lichtes sich auf der Wand mit einander vermischten. Unter diesen Umständen hatte der Schatten, den er durch einen zwischen das Licht und die Wand gehaltenen Körper machete, eine schöne hellblaue Farbe, welche desto tiefer ward, je näher der Körper an die Wand gehalten wurde. An den Stellen, wohin das Tageslicht nicht fallen konnte, waren die Schatten vollkommen schwarz [k]).

Ursache der Farben der Wolken nach Melville.

Melville bestreitet die Meynung, welche **Newton** und die meisten Naturkündiger von der Ursache der verschiedenen Farben, die man des Morgens und Abends an den Wolken wahrnimmt, angeben, und erkläret sie daher, daß die blauen Strahlen unterwegens längst einer großen Strecke Luft aufgefangen werden, da hingegen die rothen und orangefärbigen die einzigen sind, welche bis zu den Wolken durchdringen.

Newton glaubete nämlich, daß die verschiedenen Farben der Wolken von der verschiedenen Größe der Kügelchen abhangen, in welche die Dünste verdicket werden, und gesteht, daß er bey einer so durchsichtigen Materie, wie das Wasser ist, keinen andern Grund von der Entstehung dieser Farben anzugeben wisse [l]). Aber, wendet Herr Melville ein, warum sollten die Theilchen der Wolke genau zu jener Zeit, und zu keiner andern, diejenige Größe erhalten, welche zur Absonderung der Farben schicklich ist. Und warum sieht man sie so selten, oder vielmehr niemals, blau und grün, so gut wie roth, orangenfärbig oder gelb gefärbet. Geschieht nicht wahrscheinlicher die Absonderung der Strahlen während ihres Durchganges durch den horizontalen Luftraum, und werfen die Wolken das Sonnenlicht nicht auf eben die Art zurück und lassen es durch, wie jeder andere halbdurchsichtiger farbenloser Körper an ihrer Stelle es thun würde. Denn da die Atmossphäre die blauen und violetnen Strahlen häufiger zurückwirft, als die übrigen, so muß dasjenige Licht, welches durchgeht, ins gelbe, orangenfärbige und rothe fallen, besonders wenn es einen sehr großen Luftraum durchgewandert ist. Dem zu Folge muß ein jeder bemerket haben, daß das Licht der untergehenden Sonne oft so tief gefärbet ist, daß Körper, auf welche es gerade zu fällt, ein hohes Orange oder selbst eine rothe Farbe annehmen. Ist es also, fraget er, ein Wunder, daß zu einer

k) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1767. p. 27. l) Newtoni Optica L. 2. P. 2. prop. 5. p. 215.

einer solchen Zeit die farbenlosen Wolken dieses Licht mit noch stärkerm Glanze und Lebhaftigkeit zurückwerfen?

Auch muß man bemerken, saget unser Verfasser, daß die Farbe der Wolken gewöhnlich nicht eher als einige Minuten nach Sonnenuntergange recht lebhaft wird, und daß sie vom Gelben zum brennenden Golde und von da ins Rothe übergeht, welches immer dunkler, aber auch schwächer wird, bis daß das Sonnenlicht ganz aus der Luft geht. Nun ist es offenbar, daß die Sonnenstrahlen alsdenn einen viel weitern Weg durch die Luft bis an die Wolken zurück zu legen haben, als wenn die Sonne eben untergehen will; daher es also höchst glaublich ist, das Sonnenlicht, welches schon etwas gelblich oder orangefärbig wird, wenn es durch die Luft am Horizonte hin geht, müsse immer mehr von der Orangefarbe ins Rothe übergehen, wenn es eine größere Strecke Luft zurücklegen muß. So kann man begreifen, wie die Wolken nach ihren verschiedenen Höhen, sich mit so mancherley Farben schmücken, ohne daß sie was anders thun, als das Licht der Sonne, so wie sie es erhalten, wieder zurück zu senden.

In diesen Gedanken ward unser Verfasser durch eine Beobachtung bestärket, die er bey seinem Aufenthalte in der Schweiz oft gemachet hatte, wo er bemerkete, daß die mit Schnee bedeckten Gipfel der Alpen, eben so wie die Wolken, nach Sonnenuntergange immer röthlicher wurden.

Wird diese Erklärung, saget er, nicht dadurch sehr bestätiget, daß diese gefärbten Wolken die dunkele Bleyfarbe, welche sie von dem Lufthimmel erhalten, sogleich wieder annehmen, als die Strahlen der Sonne nicht mehr gerade auf sie fallen. Denn, wenn ihre bunten Farben in einer gewissen Größe ihrer Theile ihren Grund hätten, so würden sie fast dieselben Farben, wie wohl nicht so lebhaft, beybehalten, wenn sie nur von der Atmossphäre erleuchtet werden. Um die Zeit des Unterganges der Sonne, oder ein wenig nachher, scheint der untere Theil des Himmels, bis auf eine gewisse Weite, auf beyden Seiten der Stelle, wo die Sonne untergegangen, sich wie mit einem schwachen Meergrün zu färben, weil alsdenn die durchgelassenen Strahlen, als welche gelblich sind, sich mit dem Blau des Himmels vermischen. In größern Entfernungen verändert sich dieses schwache Grün allmählig in ein röthlich Braun, weil die Sonnenstrahlen, indem sie durch mehr Luft gehen müssen, sich zur Orangenfarbe neigen. Zugleich fällt auf der gegen über liegenden Seite des Himmels die Farbe der Wolken am Horizonte merklich ins Purpur, weil nun das durchgehende, mit der azurnen Farbe des Himmels sich vermischende, Licht röthlich wird, indem es durch eine so viel größere Strecke Luft gehen muß.

Um völlig zu begreifen, wie die Sonnenstrahlen, indem sie durch einen immer größern Raum Luft gehen, stufenweise von Weiß in Gelb, darauf in Orange, und endlich in Roth fallen, bemerket unser Verfasser, daß man nur nöthig habe, Newtons allgemeine Lehren von der Farbe durchsichtiger Flüßigkeiten, und, wie ich noch zusetzen möchte, die Erklärung der Erscheinungen an der Tinctur des nephritischen Holzes insbesondere, auf die Atmossphäre anzuwenden.

Diese gründlichen Bemerkungen beschließt unser Verfasser mit einer Muthmaßung, daß das gefärbte Licht, welches des Morgens und Abends an den Wolken sich zu zeigen pfleget, eben dasjenige ist, welches dem Monde bey gänzlichen Finsternissen bisweilen die dunkele Ziegelfarbe giebt, indem es durch die Brechung der Atmossphäre in den Erdschatten geworfen wird. Ferner bemerket er, daß, da diejenigen Strahlen, welche durch den größesten Strich Luft gehen, röthlich, die, welche den kleinsten durchlaufen, gelblich, und die dazwischen fallenden orangefarbig werden, die rothen Strahlen in den Schatten am stärksten sich zusammen neigen müssen, die orangenfärbigen etwas weniger, und die gelblichen noch weniger; so daß die Farbe des ganzen ein wenig erleuchteten Erdschattens immer röther werden muß, je näher man der Erde kömmt, daher auch die Farbe des Mondes bey gänzlichen Finsternissen nach seiner verschiedenen Entfernung von der Erde verschieden werden, und beym Eintritte und Austritte aus dem Schatten etwas mehr als in der Mitte ins Rothe fallen müßte. Er überläßt den Astronomen die Uebereinstimmung dieser Theorie mit den Erscheinungen auszumachen. [m])

Muthmaßungen von der Farbe des verfinsterten Mondes.

Viertes Kapitel.

Vermischte Bemerkungen, die Zurückwerfung des Lichtes betreffend.

§. 1. Wie durch die Zurückwerfung des Lichtes Hitze hervorgebracht wird.

Es ist bekannt, daß zu den Wirkungen des Lichtes auch die Hervorbringung der Hitze gehöret, besonders wenn es dichte ist, wie das Licht der Sonnenstrahlen, und hierüber hat man dem Herrn Melville einige sinnreiche Bemerkungen zu danken. Ein jedes färbendes Theilchen eines undurchsichtigen Körpers, saget er, muß durch die Zurückwerfung der Lichttheilchen, die zwischen denselben Theilchen des Körpers hin und her geworfen werden, auch eine schwingende Bewegung annehmen, und die Zeit einer Schwingung wird so groß seyn, als die, welche das Licht brauchet, von einem Theilchen eines Körpers zu dem nächstliegenden zu kommen. [a]) Nun kann, selbst in den dichtesten undurchsichtigen Körpern, die Entfernung zweyer solcher Theilchen nicht über $\frac{1}{12500}$ eines Zolles betragen, welchen Raum das Licht in $\frac{1}{125000000000000}$ einer Secunde beschreibt. Das Licht vermag also den innern Theilen der Körper eine so schnelle Bewegung mitzutheilen, daß sie 125,000,000,000,000 und mehr Schwingungen in einer Zeit von einer Secunde verrichten. Wenn mehrere Lichttheilchen, es sey in demselben Strahle oder in verschiedenen,

Schwingungen der körperlichen vom Lichte bewegten Theilchen.

m) Edinburgh Essays, vol. 2. p. 75.

a) Hier hat Melville sich offenbar geirret, denn es ist gar nicht nöthig, daß die Geschwindigkeit der Theilchen des Körpers so groß sey, als diejenige des Lichtes, welche sie in Bewegung setzet. Die Schwingungen einer Violinsaite hängen nicht von der Geschwindigkeit des Bogens ab, der darüber fährt.

schiedenen, an der Oberfläche desselben färbenden Theilchens anlangen, so mag wohl die Regelmäßigkeit der Schwingungen gestöret werden; aber sie werden dadurch gewiß desto häufiger geschehen, oder es entstehen dadurch noch kleinere Schwingungen an den Theilen, welche jenes Theilchen ausmachen. Hierdurch wird die innere Bewegung noch subtiler, und noch inniger verbreitet; so daß wenn die Menge des in den Körper dringenden Lichtes zunimmt, die Schwingungen der Theilchen gleichfalls an Größe und Geschwindigkeit zunehmen müssen: bis sie zuletzt so heftig werden mögen, daß alle Bestandtheile durch den Zusammenstoß in Stücke zerspringen, welches eine Veränderung der Farbe und des Gewebes des Körpers zur Folge haben muß. [b])

In demselben Mittel erreget ein Brennspiegel keine Hitze.

Weil keine Zurückwerfung des Lichtes als bloß an der Oberfläche eines Mittels vorgeht, so kann, wie eben dieser Verfasser bemerket, eine noch so große Menge in einen noch so kleinen Raum zusammengedrängter Strahlen für sich keine Hitze hervorbringen. Hieraus folget, daß der Theil Luft, der in dem Brennraume des stärksten Brennspiegels liegt, von den daselbst durchgehenden Strahlen nichts leidet, sondern mit der umgebenden Luft in einem gleichförmigen Zustande bleibt; obgleich ein jeder undurchsichtiger, ja auch jeder durchsichtiger Körper, der in diese Stelle gehalten würde, augenblicklich in die stärkste Hitze gerathen müßte.

Da dieser Satz, so deutlich er auch aus den einfachsten und gewissesten Grundlehren folget, doch von manchen Naturforschern nicht recht verstanden zu seyn scheint, auch den meisten physikalischen Schriftstellern nicht bekannt gewesen seyn mag, wie sich aus ihrem Stillschweigen von dieser paradoxen Wahrheit schließen läßt, so hielt Herr Melville es der Mühe werth, einiges zur Erklärung desselben beyzubringen. Er führet an, der leichteste Weg, sich durch die Erfahrung von der Sache zu versichern, sey ein Haar oder ein Stück von einer Pflaumfeder unmittelbar über dem Brennpuncte eines Brennglases oder Brennspiegels zu halten, oder Rauch aus einer Röhre nach horizontaler Richtung darüber hin zu blasen; weil, wenn die Luft in dem Brennraume heißer als die andere Luft wäre, sie wegen ihrer Verdünnerung beständig aufwärts steigen, und folglich die leichten Körperchen merklich in Bewegung setzen müßte. Oder man stelle ein Brennglas so, daß der Brennraum desselben in Wasser, oder in einen andern durchsichtigen Körper falle, davon man die Hitze von Zeit zu Zeit mit einem Thermometer untersuchen kann. Nur wird man bey diesem Versuche das Brennglas so nahe als möglich an den durchsichtigen Körper halten müssen, damit nicht die Strahlen, wenn sie dichter als sonst gewöhnlich auf dessen Oberfläche fallen, den Körper mehr, als die Sonnenstrahlen zu thun pflegen, erwärmen mögen. [c])

Warum es auf hohen Bergen kalt ist.

Diese Anmerkungen auf die Erklärung natürlicher Erscheinungen anzuwenden, bemerket er, daß die Atmosphäre nicht sowohl von den durch sie gehenden Sonnenstrahlen, als vielmehr von der Berührung der erhitzten Erdfläche erwärmet wird. Daraus, glaubet er, lasse sich auf eine leichte und in die Augen fallende Art erklä-

ren,

b) Edinb. Essays, vol. 2. p. 20. *c*) Ibid. p. 23.

ren, warum es in allen Erdstrichen auf den Spitzen sehr hoher Berge sehr kalt ist, weil diese nämlich von der eigentlichen Oberfläche der Erde am weitesten entfernet sind. Denn es ist ganz bekannt, daß die Wärme eines durch die Berührung mit einem dichten Körper erhitzten Fluidum in einem gewissen umgekehrten Verhältnisse der Entfernung von diesem Körper abnimmt. Er selbst fand durch wiederholte Versuche, daß die Wärme des Wassers in tiefen Seen von der Oberfläche herunterwärts ordentlich abnimmt. Um aber diese Frage völlig zu entscheiden, müßte man die Beschaffenheit der Luft im Thale und auf des Berges Spitze jede Stunde bey Tage und bey Nacht beobachten, und sorgfältig mit einander vergleichen. [d])

Ob die Hitze auf die Neigung der Strahlen gegen einander ankomme.

Diesen Lehren zufolge glaubet er mit Recht annehmen zu können, daß die Hitze, welche von einer gegebenen Anzahl Strahlen, in einem undurchsichtigen Körper von gegebener Größe hervorgebracht wird, bey einer größern Neigung der Strahlen gegen einander größer sey, als bey einer geringern. Denn theils werden die Richtungen der Schwingungen, welche die Einwirkung des Lichtes entweder den färbenden Theilchen selbst, oder denen von einer untern Gattung ertheilet, mehr in einander laufen, folglich werden die innern Anprellungen und Stöße stärker werden; theils auch werden die Lichtstrahlen, da die färbenden Theilchen der Körper mancherley Lagen haben, im Ganzen auf jede senkrechter fallen, jemehr sie selbst gegen einander geneiget sind. Liegt hierinn nicht der Grund, saget er, daß, wie man betrachtet hat, die Hitze des in einen Kegel zusammen laufenden Sonnenlichtes, je näher man dem Brennpuncte kömmt, weit stärker, als nach Verhältniß der Dichtigkeit des Lichtes zunimmt? daß der Unterschied der Winkel, unter welchen die Strahlen auf ein Theilchen von gegebener Größe in verschiedenen Entfernungen vom Brennpuncte fallen, nur klein ist, beweise nicht, daß man die Erscheinung nicht daraus herleiten könne, weil wir nicht wissen, wie groß der Einfluß des einen und des andern der beyden erwähnten Umstände seyn mag. Daß es übrigens von keiner unbekannten Gegenwirkung der Strahlen auf einander herrühre, wie man hat sagen wollen, erhelle daraus, daß jeder einzelne Strahl, nachdem er durch den Brennpunct gegangen, seine Farbe und Richtung so gut behält, als wenn er ganz für sich allein vorhanden gewesen wäre. [e])

Nollets Versuche, brennbare Körper mit Spiegeln anzuzünden.

Bey dieser Gelegenheit kann ich nicht umhin anzuführen, wie die Versuche des Abbé **Nollet**, brennbare Körper durch Hülfe der in einen Brennpunct vereinigten Sonnenstrahlen anzuzünden, ausgefallen sind. Wenn man die große Kraft der Brennspiegel und Brenngläser, besonders der in neuern Zeiten verfertigten, bedenket, so wird es sehr wunderbar scheinen, daß dieser berühmte Experimentalist nicht im Stande war, eine flüßige Substanz damit anzuzünden. Ungeachtet er den Versuch mit aller möglichen Sorgfalt am 19 Februar 1757. anstellte, so gelung es ihm doch keinesweges weder mit Weingeist, Olivenöl, Terpentinöl oder Aether; und wiewohl er Schwefel in Brand setzen konnte, so mislung es doch mit Siegelwachs,

d) Edinb. Essays, vol. 2. p. 63.
e) Ibid. p. 60.

wachs, Harz, Pech und Talg. Er ließ den Brennpunct sowohl auf diese Körper selbst, als auch auf den von ihnen aufsteigenden Dampf fallen; allein es erfolgte nichts, als daß die geschmolzene Masse ins Kochen gerieth, und in Dünsten oder sehr kleinen Tropfen verflog, ohne sich entzünden zu wollen. Leinene Lumpen oder andere dichte Körper, die mit einer dieser entzündbaren Flüßigkeiten benetzet waren, geriethen nicht eher in Brand, als bis die Flüßigkeit in einem starken Dampfe verflogen war, so daß die solchergestalt zubereiteten Lumpen später Feuer fiengen, als wenn sie trocken waren.

Andere Versuche dieser Art.

Herr Beaume, der Herrn Nollet bey einigen dieser Versuchen hülfliche Hand leistete, bemerkete ferner, daß eben die Substanzen, welche durch die Flamme eines brennenden Körpers leicht Feuer fiengen, sich nicht entzünden wollten, wenn sie von einem noch so sehr erhitzten Körper, der aber keine Flamme von sich gab, berühret wurden. Weder Aether, noch Weingeist konnten mit einer glühenden Kohle oder selbst mit rothem glühenden Eisen angezündet werden, wenn diese nicht eine weiße Gluth zeigeten. Aus diesen Versuchen schließt unser Verfasser, daß, woferne die elektrische Materie mit dem Feuer oder Lichte einerley seyn soll, sie noch sonst ein Principium enthalten müsse, dadurch sie Weingeist zu entzünden vermögend gemachet werde. Ich habe schon angeführet, daß die Mitglieder der Akademie del Cimento nicht im Stande waren, einige dieser Materien anzuzünden: allein dieses geschah in einem so frühen Zeitalter der Naturkunde, daß niemand, wie es scheint, die Sache deswegen für unmöglich hat erklären wollen, weil sie diesen Gelehrten gemisglücket war. Doch erzählet Nollet, daß er die Nachricht von seinen Versuchen der Akademie zu Paris einige Jahre vorher schon vorgeleget habe, ehe ihm die Italiänischen Versuche bekannt geworden. f)

Entfernung solcher Körper, die sich zu berühren scheinen.

§. 2. Mit Hülfe optischer Grundsätze und insbesondere durch Anwendung der katoptrischen Lehren entdeckte Herr **Melville**, daß Körper, die sich zu berühren scheinen, sich nicht immer wirklich berühren. Man pflege oft, saget er, die große Beweglichkeit und den schönen Glanz der Regentropfen, die auf den Blättern des Kohles und einiger anderer Pflanzen liegen, zu bewundern; aber kein Naturkundiger habe sich, so viel er wisse, die Mühe gegeben, diese artige Erscheinung zu erklären. Wie er sie genauer ansah, fand er, daß der Glanz des Tropfens von dem häufigen Lichte herrühre, welchen die etwas flache Unterfläche zunächst dem Blatte der Pflanze zurücksendet. Er bemerkte ferner, daß wenn der Tropfen längst einem Theile, der benetzet ist, hinrollet, er sogleich seinen Glanz verliert, so daß man das Grün des Blattes deutlich durch den Tropfen sehen kann; dahingegen in dem andern Falle dasselbe fast gar nicht zu erkennen ist.

Aus diesen beyden Beobachtungen zusammengenommen, schloß er, daß der Tropfe die Pflanze wirklich nicht berühre, wenn er wie ein Quecksilberkügelchen aussieht, sondern daß er, in einiger Entfernung von dem Blatte, von einer gewissen zurückstoßenden Kraft, frey in der Luft erhalten wird. Denn das weiße Licht

f) Mem. de l'Ac. de Paris. 1757. p. 896.

Licht könnte von der Unterfläche keinesweges so häufig zurückgesendet werden, wenn nicht zwischen derselben und dem Blatte wirklich ein Zwischenraum vorhanden wäre.

Wäre die Fläche des Blattes vollkommen glatt, so würde die Unterfläche es auch seyn, und folglich ein Bild des erleuchtenden Körpers durch die Zurückstrahlung, wie ein Stück polirtes Silber zeigen; weil jene aber merklich rauh und ungleich ist, so wird es diese auch, und sieht daher, da es das Licht nach allerhand Richtungen häufig zurücksendet, so glänzend weiß, wie unpolirtes Silber aus.

Da es solchergestalt aus optischen Gründen bewiesen ist, daß der Tropfe die Pflanze, worauf er liegt, nicht wirklich berühret, so kann man nun leicht begreifen, warum er so beweglich ist und keine Feuchtigkeit auf dem Wege, längst welchem er hinrollet, zurückläßt. g)

Helligkeit und Dunkelheit in einer Silbergrube.

§. 3. Ehe ich diese Materie verlasse, muß ich noch anführen, was der Baron Alexander Funk bey der Besuchung einiger Silbergruben in Schweden bemerket hat, daß es nämlich an einem heitern Tage, unten im Schachte, in einer Tiefe von 60 bis 70 Klaftern stockfinster war; da hingegen an einem trüben oder regnichten Tage es in einer Tiefe von 106 Fuß noch so helle war, daß er lesen konnte. Die Bergleute, welche er über diesen Umstand befragte, berichteten ihn, daß sich dieses immer so verhielte. Er erkläret diese Begebenheit daher, daß bey einem bewölkten Himmel, nach allen Richtungen Licht in den Schacht von den Wolken gesandt wird, und darunter auch vieles nach senkrechter Richtung; da hingegen, bey heiterm Himmel, keine dunkeln Körper vorhanden sind, welche das Licht auf die letztere Art, wenigstens in hinlänglicher Menge, zurücksenden. h)

Vierter Abschnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen, die Brechung des Lichtes betreffend.

Erstes Kapitel.

Von der verschiedenen Zerstreuung der Lichtstrahlen, wie sie von ihrer verschiedenen Brechbarkeit nicht abhängt.

Dollonds Entdeckung von der Farbenzerstreuung.

Die Hauptentdeckung, welche ich dem Leser in Absicht auf die Brechung vorzutragen habe, ist die vom Herrn Dollond, welche ihm den Weg zu seiner wichtigen Verbesserung der Fernröhre bahnte. Newton hatte zwar die wichtige Entdeckung von der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtstrahlen gemacht, glaubte aber dabey nicht anders, als daß sie alle von jedem brechenden Mittel nach einem gewissen

g) Edinb. Essays, vol. 2. p. 25. (Es könnte aber auch der Tropfe von den Spitzen der zarten Fäserchen auf dem Blatte getragen werden. K.)
h) Schwedisch. Abhandlung. 3. Band, S. 136.

gewissen allgemeinen Verhältnisse zerstreuet würden, so daß, wenn die Brechung der Strahlen von der mittlern Gattung bestimmet wäre, die Brechung derer von den äußersten Gattungen auch gegeben sey. Hieraus würde, wie Hr. Dollond bemerket, folgen, daß gleiche und entgegengesetzte Brechungen einander nicht allein aufheben, sondern daß auch die Zerstreuung der Strahlen bey einer Brechung durch die andere Brechung wiederum verbessert werden müßte. Daher würde es dann nicht möglich seyn, die Strahlen auf irgend eine Art zu brechen, ohne daß die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen ihre Wirkung dabey äußerte; oder, in andern Worten, es mag ein Lichtstrahl durch verschiedene Mittel, als Wasser, Glas, rc. gebrochen werden, wie er wolle, so wird er, woferne die Brechung nur so veranstaltet wird, daß der ausfahrende Strahl dem einfallenden parallel ist, allemal nachher weiß seyn: folglich wird er, wenn der ausfahrende Strahl gegen den einfallenden geneigt ist, allemal nachher gefärbet seyn. Daraus fließt leicht, daß alle sphärische Objectivgläser in Fernröhren von der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes gleichmäßig nach Verhältniß ihrer Oeffnungen leiden, aus welchen Materien sie auch bestehen mögen. [a])

Eulers neue Objectivgläser.

Aus diesen Grunde hatten Newton, und alle andere Optiker, alle Hoffnung aufgegeben, die dioptrischen Fernröhre zu irgend einem hohen Grade der Vollkommenheit zu bringen, wenn sie nicht eine außerordentliche und sehr unbequeme Länge haben sollten. Folglich bemüheten sie sich hauptsächlich um die Vervollkommnung der reflectirenden Telescope, und die Frage von der Brechung ward weiter nicht berühret, als bis etwa um das Jahr 1747, da Hr. Euler, in Verfolg eines von Newton gegebenen Winkes, [b]) einen Entwurf angab, wie man die Objectivgläser aus zwo verschiedenen Materien machen könnte, wodurch er hoffte, daß die Brechungen sich heben, und die Zerstreuung der Strahlen, welche von ihrer verschiedenen Brechbarkeit entsteht, verhindert werden sollte. Seine Objectivgläser bestanden aus zwo gläsernen Linsen, zwischen welchen Wasser gefasset war. Dieser Aufsatz des Hrn. Euler erregte Dollonds Aufmerksamkeit. Er gieng die Eulerischen Rechnungen sorgfältig durch, setzte statt der von Herrn Euler muthmaßlich angenommenen Gesetze der Brechung diejenigen, welche aus Newtons Versuchen wirklich hergeleitet waren, und fand, daß nach dieser nothwendigen Substitution, aus Hrn. Eulers Grundsätzen selbst, folgete, daß die Vereinigungspuncte aller Arten von Strahlen nicht anders in einen einzigen Punct zusammengebracht werden können, als wenn das Linsenglas unendlich breit ist.

Herr

a) Philos. Trans. vol. 50. p. 735.

b) Newton schlägt zur Verbesserung der Abweichung von der Kugelgestalt Objectivgläser vor, die aus zwey sphärischen Gläsern mit Wasser zwischen ihnen bestehen sollten. Princ. phil. nat. L. I. fine. Auch bey reflectirenden Teleskopen. Opt. L. I. P. I. Pr. 8. Aber auf die Möglichkeit einer Verbesserung der Abweichung von der verschiedenen Brechbarkeit konnte er nach seinen Grundsätzen nicht fallen. K.

Hr. Euler wagte es noch nicht, Newtons Versuche zweifelhaft zu machen, sondern sagte, sie wären seiner Hypothese bloß in einem so kleinen Grade zuwider, daß man den Unterschied beyseite setzen könne; behauptete auch, daß, wenn man sie nach ihrem ganzen Umfange wollte gelten lassen, der Unterschied der Brechbarkeit, bey dem Uebergange der Strahlen aus einem Mittel in ein anders von einer verschiedenen Dichte, überhaupt gar nicht sich heben ließe, welches er doch für sehr wohl möglich hielt, und zum Beweise den Bau des Auges anführete, das, wie er annahm, eben darum aus verschiedenen brechenden Mitteln bestehe, um die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen wieder gleich zu machen. Diese Schlußfolge ließ Hr. Dollond unbestritten, und berief sich bloß auf Newtons Versuche, und die große Vorsichtigkeit, mit welcher er bekanntermaßen bey allen seinen Untersuchungen verfahren sey.

Euler vertheidiget seine Theorie.

Bey dieser Lage der Sachen baten den Hrn. **Clairaut** seine Freunde, sich der Streitfrage anzunehmen, und seine Entscheidung war, daß, weil die von Dollond angeführten Newtonianischen Versuche nicht in Zweifel gezogen werden könnten, Hrn. Eulers Gedanken wohl sinnreich, aber nicht brauchbar wären. [c])

Clairauts Ausspruch.

Insonderheit aber erregte der Eulerische Aufsatz die Aufmerksamkeit des Herrn **Klingenstierna** in Schweden, der nach einer genauen Untersuchung der Sache fand, daß nach Newtons eigenen Grundsätzen der Erfolg des achten Versuches in dem zweyten Theile des ersten Buches seiner Optik mit seiner Beschreibung desselben sich nicht vereinigen ließe. Weil über diesen Versuch seit der Zeit viel gestritten ist, so will ich ihn, nebst den Folgerungen, die der Urheber daraus zog, hier vollständig erzählen.

Klingenstierna widerlegt Newton.

Er habe bemerket, saget er, daß das Licht, wenn es aus der Luft durch verschiedene sich berührende brechende Mittel, als durch Wasser und durch Glas, wieder in die Luft gehet, die brechenden Flächen mögen einander parallel seyn oder nicht, allemal weiß bliebe, woferne es nur durch entgegengesetzte Brechungen so verbessert ist, daß die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel sind; da hingegen, wenn jene gegen diese geneigt sind, die Weiße des ausfahrenden Lichtes, je weiter es sich von der Stelle, wo es ausfuhr, entferne, allmählig an den Enden farbicht werde. Dieses habe er wahrgenommen, wie er durch Glasprismen, welche in einem prismatischen mit Wasser angefüllten Gefäße gestanden, das Licht sich habe brechen lassen.

Newtons Versuch

Aus diesem Versuche leitet er ein paar Lehrsätze her, durch welche eines Theils die Brechungen der Strahlen jeder Gattung bey dem Uebergange aus jedem Mittel in Luft bestimmet werden, wenn die Brechung der Strahlen irgend einer Gattung gegeben ist; theils auch die Brechung aus einem Mittel in ein anderes gefunden wird, wenn die Brechungen bey dem Durchgange aus ihnen beyden in ein drittes bekannt sind. [d])

und Lehrsätze.

Hingegen zeigete **Klingenstierna**, daß in diesem Versuche das Licht, nach dem Durchgange durch das Wasser und das Glas, gefärbt ist, ungeachtet die aus-

Klingenstiernas Erinnerungen.

 fahrenden

c) Hist. de l'Ac. de Paris, 1756. p. 183.

d) Newtoni Opt. L. I. P. 2. exp. 8. p. 106.

fahrenden Strahlen den einfallenden parallel sind, wiewohl je dünner das gläserne Prisma ist, desto näher der Erfolg mit Newtons Beschreibung übereinkomme.[e])

die Dollonden zu neuen Versuchen bewegen.

Diese Bemerkungen wurden Dollonden durch Hrn. Maller mitgetheilet, und machten ihn an der Richtigkeit des Newtonianischen Versuches zweifeln, so daß er sich, wie ein rechtschaffener Philosoph, dem Wahrheit und Natur mehr denn Autoritäten gelten, die Erfahrung zu Rathe zu ziehen entschloß[f]).

Sein Versuch.

Er küttete also zwo Glasscheiben mit parallelen Flächen an ihren Rändern so zusammen, daß daraus ein prismatisches Gefäß entstand, wenn die Oeffnungen an den Enden oder Grundflächen verschlossen wurden; die Schärfe kehrte er unterwärts, stellte in das Gefäß ein gläsernes Prisma mit einer seiner Schärfen aufwärts, und füllte den übrigen Raum mit reinem Wasser an, so daß die Brechung durch das Prisma der Brechung durch das Wasser entgegengesetzet war, und ein Lichtstrahl, der durch beyde brechende Mittel gieng, bloß durch den Unterschied beyder Brechungen gebrochen ward. So wie er fand, daß das Wasser das Licht mehr oder weniger als das Glas brach, so verminderte oder vergrößerte er den Winkel der Glasscheiben, bis daß er beyde Brechungen einander gleich fand: welches geschah, wenn ein Gegenstand, durch das gedoppelte Prisma betrachtet, weder sich zu erhöhen noch zu senken schien. In diesem Falle waren die Brechungen sich gleich, und die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel.

der Newtons seinen widerleget.

Nun hätte, saget er, nach der durchgängig angenommenen Meynung, der Gegenstand durch dieses gedoppelte Prisma in seiner natürlichen Farbe erscheinen sollen. Denn wenn der Unterschied der Brechbarkeit in den beyden gleich großen Brechungen gleich gewesen wäre, so würden sie sich einander gegenseitig verbessert haben. Aber so zeigte dieser Versuch die Unrichtigkeit der angenommenen Meynung augenscheinlich, und bewies, daß die Zerstreuung des Lichtes durch das Glasprisma fast doppelt so groß ist, als durch das Wasser; indem der Gegenstand, ungeachtet er gar keine Brechung litte, dennoch eben so sehr mit prismatischen Farben begränzet schien, als wenn er ihn bloß durch ein gläsernes Prisma, mit einem brechenden Winkel von etwa 30 Grad, betrachtet hätte.

Dieser Versuch ist einerley mit Newtons vorher angeführten, ungeachtet der Erfolg so merklich unterschieden ist; allein Hr. Dollond versichert, alle mögliche Vorsicht gebrauchet zu haben, und er behielt seinen Apparatus bey sich, um die Wahrheit seiner Behauptung zu beweisen, wenn er darzu gehöriger Weise aufgefodert werden sollte.

Er

e) Schwed. Abhandl. 16. B. S. 300. (Hr. Klingenstierna beweist auf eine sehr geometrische Art, daß, wenn Newtons Versuch allgemein seine Richtigkeit hätte, daraus nicht ein gewisses Gesetz der Farbenzerstreuung, sondern unzählige folgen würden, die sowohl gegen einander selbst, als gegen die von Newton selbst angenommenen Gesetze der Brechung stritten. Newton hätte also einen doppelten Fehler, sowohl im Beobachten als im Schließen gemachet. Indessen ist zu bemerken, daß Newtons Gesetz der Farbenzerstreuung aus seinem Versuche folget, wenn die Winkel der Strahlen mit den Einfallslothen so klein sind, daß man sie ihren Sinussen proportional setzen kann. S. die Zusätze zu diesem Abschn. K.)

f) Mem. de l'Ac. de Paris. 1757. p. 854.

Er sah hiebey deutlich ein, daß, wenn der brechende Winkel des Wassergefäßes hinlänglich groß hätte gemacht werden können, die Farbenzerstreuung sehr vermindert, oder wohl gar ganz gehoben seyn würde, und daß er eine sehr große Brechung ohne Farben würde erhalten haben, so wie er schon eine starke Färbung ohne Brechung erhalten hatte. Aber der Winkel des prismatischen Gefäßes konnte nicht ohne Unbequemlichkeit so groß genommen werden, daß dadurch das Licht eben so stark wie durch das gläserne Prisma, dessen Winkel etwa 60 Grad groß war, zerstreuet worden wäre, und es war daher nothwendig, noch einige Versuche dieser Art mit Prismen von kleinern Winkeln zu machen.

Weitere Versuche, das Licht farbenlos zu machen.

Er schliff sich also einen Keil von gemeinem Tafelglase, so daß der Winkel desselben etwa neun Grad betrug, stellte diesen wie vorher, in ein keilförmiges Gefäß mit Wasser, dessen Winkel er so lange vergrößerte, bis die Zerstreuung des Lichtes durch das Wasser so groß war, als die durch das Glas: das ist, bis der Gegenstand, ungeachtet er wegen der stärkern Brechung durch das Wasser sehr verrücket schien, dennoch von den Farben, welche die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes erzeuget, ganz frey blieb. Hiebey war, so genau als er es damals messen konnte, die Brechung durchs Wasser etwa $\frac{5}{4}$ von der durchs Glas. Er gesteht freylich, daß er die Maaßen so sehr genau nicht genommen habe, weil seine Absicht damals nicht so wohl gewesen, die Größen genau zu messen, als vielmehr zu zeigen, daß die Zerstreuung der farbichten Strahlen durch verschiedene Materien sich gar nicht wie die Brechung verhalte, und daß es möglich sey, eine Brechung hervorzubringen, ohne daß das Licht im geringsten zerstreuet werde. g)

Da diese Versuche deutlich bewiesen, daß verschiedene Materien das Licht sehr ungleich, in Absicht auf ihre brechende Kraft überhaupt genommen, zerstreuen, so fieng Dollond an zu muthmaßen, daß dergleichen Verschiedenheit sich auch an verschiedenen Arten Glases äußern möchte, besonders weil die Erfahrung schon gelehret hatte, daß einige Arten sich weit besser zu den bisher gewöhnlichen Objectivgläsern als andere schicken; und weil man diese verschiedene Güte bis dahin nicht hinreichend erkläret hatte, so vermuthete er desto zuverläßiger, daß die verschiedene Zerstreuung des Lichtes bey einerley Brechung sie verursachen müßte.

Versuche mit zweyerley Glasprismen.

Das nächste, was er sich vornahm, war daher, Prismen von verschiedenem Glase zu schleifen, und sie an einander zu legen, so daß die Brechungen nach verschiedenen Seiten hingeschehen mußten, um dadurch, gleichwie in den obigen Versuchen, zu entdecken, ob die Brechung mit der Zerstreuung der farbichten Strahlen zugleich verschwinden würde. Es vergieng eine ziemliche Zeit, ehe er sich an die Arbeit machen konnte. Denn ob er gleich sich zu dem Versuche, seiner eigenen Neugierde wegen, entschlossen hatte, so bald er die Zeit dazu gewinnen würde, so dachte er

g) Dollond erzählet noch in seiner Nachricht (Phil. transf. vol. 50. p. 738.) daß er Objectivgläser aus zwey Stücken mit Wasser dazwischen verfertiget habe. Diese hätten seiner Erwartung gemäß, keine Farben verursachet, allein dennoch viel Undeutlichkeit übrig gelassen, die aber, wie er bald eingesehen, von der Kugelgestalt, weil die Halbmesser der Flächen zu klein hätten genommen werden müssen, hergerührt habe. K.

er doch nicht, daß der Unterschied hinlänglich groß seyn würde, um dadurch den Fernröhren große Verbesserungen zu verschaffen, daß es also bis zum Jahr 1757 sich verzog, ehe er den Versuch unternahm. Da aber zeigten gleich die ersten Proben, daß die Sache die äußerste Aufmerksamkeit und Mühe verdiente.

Glücklicher Erfolg.

Er fand nämlich bey einigen Glasarten einen solchen Unterschied der Farbenzerstreuung in Verhältniß gegen ihre brechende Kraft, als er lange nicht gehoffet hatte. Die gelbe oder strohfärbigte ausländische Gattung, welche gewöhnlich Venetianisches Glas heißt, und das Englische Kronglas, kamen in diesem Stücke ziemlich mit einander überein, obgleich überhaupt das Kronglas das Licht weniger als jenes zu zerstreuen schien. Das gemeine Englische Tafelglas zerstreuete das Licht mehr, und das weiße Krystallglas, oder das Englische Flintglas, unter allen am meisten.

Was für Glasarten Dollond in Absicht auf die Zerstreuung der Farben am meisten verschieden fand.

Nun ließ er es sich angelegen seyn, die besondern Eigenschaften jeder Gattung von Glase, derer er habhaft werden konnte, zu erforschen: nicht um mit Muthmaßungen über die Ursache dieses Unterschiedes sich ein Spiel zu machen, sondern die beyden Arten heraus zu finden, in welchen derselbe am größten wäre; und er fand bald, daß dieses das **Kronglas** und das weiße **Flintglas** waren. Deswegen schliff er sich ein Prisma von dem weißen Flintglase, mit einem brechenden Winkel von etwa 25 Grad, und ein anderes von Kronglase, das etwa 29 Grad hielt, die beyde fast gleiche Brechungen verursachten, aber in der Kraft die Farben zu zerstreuen sehr von einander abgiengen. Darauf schliff er einige andere von Kronglase, mit verschiedenen Winkeln, bis er eines erhielt, das in Absicht auf die Zerstreuung des Lichtes dem von weißen Flintglase gleich kam. Denn wie sie so an einander geleget wurden, daß sie das Licht nach entgegengesetzten Richtungen brachen, so war das gebrochene Licht von Farben ganz frey. Wie er hierauf die Brechung jedes Prisma besonders maaß, fand er, daß die Brechung des von weissem Glase zu der Brechung des von Kronglase sich beynahe wie 2 zu 3 verhielt, und dieses Verhältniß blieb bey allen kleinen Winkeln fast einerley, so daß jede zwey andere Prismen, die nach diesem Verhältnisse ausgearbeitet sind, wenn sie an einander dergestalt geleget werden, daß sie das Licht nach entgegengesetzten Richtungen brechen, gar keine Farben bey der Brechung absondern. [h])

Um

h) Herr Euler führet in seiner Dioptrik, T. I. p. 315. an, daß Dollond ein Prisma von Kronglase mit einem Winkel von 30 Gr. und eines von Flintglase mit einem Winkel von 19 Grad gemachet, und durch diese beyde, wenn sie umgekehrt an einander geleget worden, die Farbenzerstreuung gehoben habe, woraus er geschlossen, daß das Kronglas und Flintglas die Farben in dem Verhältnisse 2 zu 3 zerstreuen. Das Verhältniß der Brechung, welches Dollond hier an unserer Stelle anführet, wird das Verhältniß der Winkel seyn, welche die einfallenden und ausfahrenden Strahlen der mittlern Gattung mit einander machen, wenn beyde gleichviel gegen die Seitenfläche des Prisma geneiget sind. Sie sind, für das Kronglas, 16°, 40', für das Flintglas 11°, 14', wenn für jenes das Verhältniß der Brechung 1 : 1,53, und für dieses 1 zu 1, 58 genommen wird. Dieses berechnet man leicht aus den Formeln des Zusatzes

Um die Brechungskraft dieser beyden Arten von Glase mit ihrer Zerstreuungskraft vergleichen zu können, bemerke ich, daß Dollond in einem Briefe an Klingenstierna, welchen Clairaut anführet, angiebt, es sey das Verhältniß des Einfallssinus zu dem Sinus der mittlern Brechung am Kronglase, wie 1 zu 1, 53, und am Flintglase, wie 1 zu 1, 583. i)

Verhältniß der Brechung am Kron- und Flintglase.

Die Anwendung von diesen Erfahrungen auf die Ausübung zu machen, fieng Hr. Dollond an, Objectivgläser zu Fernröhren auszuarbeiten, in der sichern Hoffnung, es werde sich, so wie durch Prismen das Licht farbenlos gebrochen worden, auch mit Linsengläsern, aus ähnlichen Materien, ein gleiches bewerkstelligen lassen. Es gelung ihm auch durch Hülfe folgender Bemerkungen. Damit die beyden sphärischen Gläser das Licht nach entgegengesetzten Seiten brechen mögen, müsse das eine ein Hohlglas, das andere ein erhabenes seyn; und weil die Strahlen in einem wirklichen Vereinigungspuncte zusammen kommen sollen, so müsse das erhabene Linsenglas offenbar eine stärkere Brechung geben; darum müsse dieses Glas, wie aus seinem Versuche erhelle, von Kronglase, und das Hohlglas von Flintglase gemacht werden. Ferner, da die Brechungen sphärischer Gläser k) sich umgekehrt wie ihre Brennweiten verhalten, so müssen die Brennweiten der beyden Gläser sich umgekehrt wie die Brechungen der Prismen verhalten, weil auf solche Art jeder Lichtstrahl, der durch das zusammengesetzte Glas geht, in welcher Entfernung von der Axe es auch seyn möge, immer durch den Unterschied zwoer Brechungen, in dem gehörigen Maaße werde gebrochen, und die verschiedene Brechbarkeit des Lichtes ganz unschädlich werde gemacht werden. l)

Dollonds Grundsätze zur Verfertigung achromatischer Fernröhre.

Ungeachtet dieser sichern, aus der Theorie und Erfahrung hergenommenen Gründe, fand er doch mancherley Schwierigkeiten bey der wirklichen Ausarbeitung; allein durch große Gedult und Geschicklichkeit erhielt er endlich eine sichere Methode, Fernröhre nach diesen neuen Grundsätzen zu verfertigen.

Die Hauptschwierigkeiten entstanden aus folgenden Umständen. Zuerst müssen die Brennweiten sowohl als die einzelnen Flächen der Gläser sehr genau nach den Dichtigkeiten oder brechenden Kräften der Glasarten eingerichtet werden. Diese aber sind bey derselben Glasart, wenn es zu verschiedenen Zeiten gemacht ist, nicht ganz einerley. Zweytens, die Mittelpuncte der beyden Gläser müssen genau in die gemein-

Schwierigkeiten, die er vorfand.

satzes zum 1. Absch. der 5. Per. §. 6. und 10. S. 192. K.

i) Mem. de l'Ac. de Paris 1757, p. 857.

k) Das ist, die Winkel, unter welchen die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen durch die Brechung gegen die Axe geneigt werden, deren Tangenten, (folglich sie beynahe selbst) bey gleichen Entfernungen der einfallenden Strahlen von der Axe sich umgekehrt wie die Brennweiten verhalten. K.

l) Die beyden Gläser, das hohle und das bauchichte, kann man an den Stellen, wo der Strahl durchgeht, wenn man daselbst blos die berührenden Ebenen betrachtet, als zwey Prismen ansehen, die mit ihren Winkeln umgekehrt an einander gelegt sind. Dollonds Theorie beruhet auf ziemlich undeutlichen Vorstellungen, weswegen ich einige nöthige Erläuterungen diesem Abschnitte beyfügen werde. K.

gemeinschaftliche Axe des Fernrohres gebracht werden, sonst wird die gesuchte Wirkung großentheils vernichtet werden. Dazu kömmt, daß vier Flächen da sind, die genau kugelförmig geschliffen werden müssen; wie sehr genau man also bey der ganzen Arbeit zu verfahren habe, saget er, wird jeder, der nur einige Uebung in diesem Geschäffte hat, leicht einsehen. Endlich aber fand er sich durch vielfältige Versuche, und durch unverdrossene Standhaftigkeit im Stande, dioptrische Fernröhre mit so großen Oeffnungen und Vergrößerungen, bey geringer Länge, zu verfertigen, daß sie, nach dem Urtheile der besten Kenner, alles, was man bisher geleistet, weit übertrafen, da sie die Gegenstände sehr deutlich, mit ihren wahren Farben darstellten. m)

Man machte Hrn. Dollond den Einwurf, daß die geringe Zerstreuung der Strahlen durch das Kronglas nur scheinbar sey, indem sie von der geringern Durchsichtigkeit dieser Glasart herrühre, als welche die schwächer gefärbten Strahlen nicht in hinlänglicher Menge durchlasse. Diesen Einwurf hat Hr. Beguelin insbesondere untersuchet und widerleget. n)

Clairauts Verdienste um die achromatischen Fernröhre.

Weil Hr. Dollond die Regeln, nach welchen er die Auswahl der zu seiner Absicht schicklichen Gläser angestellet, nicht bekannt gemacht hatte, auch die Brechung der Zerstreuung des Lichtes, bey dieser verwickelten Untersuchung, sehr fein ist, so unternahm Hr. Clairaut, der sich schon vom Anfange des Streites sehr mit der Sache beschäfftiget hatte, eine vollständige Theorie davon auszuarbeiten. Ohne einige Hülfe von dieser Seite, saget er, ist es nicht möglich, Fernröhre von gleicher Güte mit den Dollondischen zu verfertigen, man müßte denn diese blindlings nachmachen, welches doch, aus mehrern Ursachen, schwerlich gerathen kann. Außerdem gab Hr. Dollond seine Maaßen nur beyläufig an; da es doch nöthig ist, sie sehr genau zu wissen. Auch kamen die besten Dollondischen Fernröhre den Newtonianischen Teleskopen lange nicht bey, o) da man doch erwarten konnte, daß sie dieselben übertreffen müßten, wenn die ungleichartigen Strahlen nach der Brechung durchs Glas so genau, wie nach der Zurückwerfung vom Spiegel, in einen Punct vereiniget werden könnten, weil in dem letzten Falle mehr Licht als in dem erstern verlohren geht.

Um

m) Phil. Tranf. vol. 50. p. 733. Eine Hauptschwierigkeit, die Dollond gleich zuerst vorfand, war, daß wegen der kleinen Durchmesser der Kugelflächen, große Abweichungen von der Kugelgestalt entstanden, welche die Deutlichkeit des Bildes sehr verderbten. Inzwischen, da er überlegte, daß die Flächen der kugelförmigen Gläser unzählige Veränderungen leiden können, ohne daß die gemeinschaftliche Brennweite dadurch verändert wird, und man es auf solche Art in seiner Gewalt hat, die Abweichungen wegen der Figur zu vermehren oder zu vermindern, so sahe er die Möglichkeit ein, die von der Kugelgestalt herrührenden Abweichungen zweyer Linsengläser gleich zu machen, und folglich bey einem hohlen und erhabenen Glase, wo die Strahlenbrechungen einander entgegengesetzet sind, es dahin zu bringen, daß solche einander aufheben. K.)

n) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1762. p. 74 sq.

o) Dies konnte vielleicht damals, wie Clairaut dieses schrieb, wahr seyn; gegenwärtig verhält es sich gar nicht so.

Um dem Künstler also zu Hülfe zu kommen, suchte er sowohl die Brechungs- als Zerstreuungskraft verschiedener Glasarten zu bestimmen. Er nahm zu dem Ende zwey Prismen, die er, wie Dollond, hart an einander legte, aber anstatt sie zu sehen, stellte er sie in ein verfinstertes Zimmer; und wenn das Bild der Sonne, welches durch sie fiel, vollkommen weiß war, schloß er daraus, daß die verschiedene Brechbarkeit der Strahlen sich gegen einander gehoben hatte.

Die Winkel, welche die Prismen haben müssen, wenn sie die Farben heben sollen, bequemer zu bestimmen, verfertigte er eins, dessen eine Seitenfläche cylindrisch und einige Grade weit war. Auf solche Art hatte er, ohne seine Prismen ändern zu dürfen, eine unendliche Menge Winkel zur Auswahl, unter welchen er, wenn er den Punct der krummen Oberfläche bemerkte, auf welchen die Strahlen fielen, wenn das Sonnenbild weiß war, den wahren Winkel leicht ausfindig machen konnte.

Er bestimmte auch das Verhältniß, nach welchem verschiedene Glasarten die Sonnenstrahlen zerstreuen, indem er, mit gehöriger Vorsicht, das längliche Bild der Sonne maaß, welches sie hervorbrachten. Bey diesem Versuche ergab sich augenscheinlich, daß das Englische Flintglas nicht allein eine stärkere mittlere Brechung, sondern auch eine größere Zerstreuung des Lichtes verursachte, als es das gemeine Französische Glas that. Denn da er von beyden Arten zwey Prismen, die sonst völlig einerley waren, sich hatte machen lassen, und auf jedes, zu gleicher Zeit, einen Sonnenstrahl mit derselben Neigung fallen ließ, sah er, daß unter den beyden Bildern dasjenige, welches von dem Englischen Flintglase herrührete, ein wenig höher an der Wand stand, und mehr als um die Hälfte länger war. p)

Hr. **Clairaut** hatte zu diesen Versuchen einen Gehülfen an dem Herrn **de Tournieres**, und sie kamen in den Resultaten mit Herrn Dollond im Ganzen überein, nur daß dieser das Verhältniß der Zerstreuung im Glase und im Wasser wie fünf zu vier angegeben hatte (wiewohl er diese Bestimmung selbst nicht für ganz zuverläßig ausgab); dahingegen jene beyde Herrn, die mehr Mühe und Vorsicht anwendeten, dieses Verhältniß wie drey zu zwey fanden. q) Was die Lehrsätze und Aufgaben anlangt, die Hr. Clairaut aus diesen neuen Grundsätzen der Optik gezogen, den Fernröhren dadurch eine größere Vollkommenheit zu verschaffen, muß ich den Leser auf die eben angeführten Abhandlungen selbst verweisen.

Nach Hrn. **Clairaut** nahm diese Untersuchungen Hr. **d'Alembert** vor, dessen Arbeiten den Verfertigern achromatischer Fernröhre alle Anleitung, die man von der Rechnung erwarten kann, gegeben zu haben scheinen. Dieser vortreffliche Mathematiker trägt auch eine Menge neuer Einrichtungen von Fernröhren vor, deren Vortheile und Unbequemlichkeiten er umständlich aus einander setzet. Dabey giebt er auch einige Methoden an, die Fehler, welchen sie ausgesetzet sind, zu verbessern; zum Beyspiele dadurch, daß die Objectivgläser in einigen Fällen ein wenig von einander gerücket werden, oder daß man bisweilen Augengläser von verschiedenen

d'Alemberts Untersuchungen.

p) Mem. de l'Ac. de Par. 1756, p. 624. q) Ibid. 1757, p. 859.

nen Brechungskräften gebrauchet: ein Mittel, worauf vor ihm noch niemand gefallen zu seyn scheint. Auch zeiget er, wie man ein sehr gutes Fernrohr mit einem einfachen Objectivglase, aber mit einem Augenglase von einer andern Brechungskraft verfertigen könne. Einige der von ihm vorgeschlagenen Fernröhre haben zwey oder mehr Augengläser von verschiedenen Gattungen Glases. Alles dieses hat er umständlich in dem dritten Bande seiner Opuscules mathématiques ausgeführet. Wir haben auch von ihm noch drey Abhandlungen über eben diese Materie in den Jahrgängen der Französischen Akademie von 1764, 1765 und 1767.

Am Ende der zweyten dieser Abhandlungen saget er, daß er nicht zweifele, es würden, durch die von ihm vorgeschlagenen Methoden, die achromatischen Fernröhre zu einem bisher noch nicht bekannten, und sogar nicht zu vermuthenden Grade der Vollkommenheit gebracht werden können; und wenn gleich das Kronglas, wegen seiner grünlichten Farbe, einen Theil der rothen oder violetnen Strahlen verschlucken möchte, (welches sich aber durch die Erfahrung nicht zeiget) so könne man doch gegen das gewöhnliche Französische Glas, welches weiß ist, diese Einwendung nicht machen, welches daher den Vorzug vor dem Englischen Kronglase verdiene.

Auch bemerket er, daß aus seinen Rechnungen manche Tafeln gezogen werden können, die solchen, die sich auf die Verbesserung achromatischer Fernröhre legen wollten, sehr nützlich seyn würden; woraus folgends der Optik, Astronomie und Schiffarth vielfältiger Nutzen zuwachsen müßte. [r])

Schwierigkeit, die Dollondischen Fernröhre nachzuahmen.

Ungeachtet die Herren **Clairaut** und **d'Alembert** alles, was sich über die Dollondischen Fernröhre herausrechnen ließ, erschöpfet zu haben scheinen, so waren ihre Arbeiten den Künstlern doch unbrauchbar. Denn die in England verfertigten Teleskope, ungeachtet sie nach keiner Regel, wie die Ausländer glaubten, gearbeitet wurden, blieben immer weit besser als alle, die man auswärtig, selbst unter unmittelbarer Aufsicht dieser geschickten Rechner, zu Stande bringen konnte. Hiervon giebt Hr. **Beguelin** verschiedene Ursachen an. Unter andern meynet er, daß ihre geometrischen Sätze zu allgemein und ihre Rechnungen zu verwickelt sind, als daß sie der Künstler brauchen könnte. Auch glaubet er, daß die kleinen Größen, welche, die Formeln einfacher zu machen, aus der Rechnung weggelassen werden, einen merklichen Einfluß haben mögen, wenn die Fernröhre lang sind, und große Oeffnungen haben. Endlich, saget er, kann eine mangelhafte Bestimmung der Brechungsverhältnisse und der Zerstreuung des Lichtes nicht allein die Genauigkeit der aus der Theorie hergeleiteten Formeln unnütz machen, sondern noch mehr Schaden anrichten, als man vermeiden wollte. [s])

Beguelins Untersuchungen.

Durch diese Bemerkungen wurde er veranlasset, die Sache von einer andern Seite zu betrachten; allein er konnte noch immer nicht mit seinen eigenen Schlüssen den

r) Mem. de l'Ac. de. Par. 1767, p. 107.

s) Mem. de l'Ac. de Berl. 1762, p. 343. (Hr. B. füget diesem noch bey, daß wegen der Allgemeinheit der dioptrischen Formeln die Geometern selbst gleichsam herumzutappen genöthiget sind, um nicht zu kurze oder zu lange Halbmesser der Krümmungen zu erhalten, oder die Oeffnungen zu groß zu machen. K.)

den wirklichen Effect der Dollondischen Fernröhre zusammen reimen, so daß er glaubete, er müsse entweder nicht die wahre Quantität der Brechung und Zerstreuung für die beyden Arten Glases in der Rechnung gebrauchet haben, oder die Abweichung, welche noch übrig bleibe, müßte durch eine Irregularität [t]) der Flächen der Linsengläser gehoben worden seyn. [u]) Uebrigens zeiget er einige in den Rechnungen der Herren d'Alembert und Clairaut eingeschlichene Fehler an [v]), und beschließt mit Anzeige seines Vorhabens, die Sache weiter zu untersuchen.

Klingenstiernas Rechnungen.

Noch hat Hr. **Klingenstierna**, der große Freude bezeiget, durch seine Anmerkungen über **Newton** zu den Dollondischen Entdeckungen Anlaß gegeben zu haben, ähnliche Rechnungen, wie **Clairaut** zum Gebrauche bey Verfertigung der Fernröhre angestellet, die man in den Schwedischen Abhandlungen 22 Band S. 75. findet.

Eulers Zweifel gegen die Dollondische Theorie.

Herr **Euler**, der diese zum Vortheil der Wissenschaft so glücklich ausgefallene Untersuchung zuerst veranlasset hat, hielt sich auf der einen Seite durch seine Schlüsse und Rechnungen für überzeuget, daß Herr **Dollond** keine neue Grundsätze in der Optik entdecket hätte, und auf der andern Seite konnte er auch nicht Hrn. **Shorts** Zeugniß für die Güte der Dollondischen Fernröhre in Zweifel ziehen. Darum erklärete er die außerordentliche Wirkung derselben theils daher, daß das Kronglas nicht alles rothe Licht durchlasse, welches sonst einen andern Vereinigungspunct gehabt, und das Bild verderbet haben würde; hauptsächlich aber daher, daß Herr Dollond genau die gehörige Krümmung seiner Gläser getroffen hätte, weswegen er nicht zweifelt, daß er dieselbe Wirkung würde haben erreichen können, wenn er auch seine Gläser alle von einerley Glasart genommen hätte. Sonst glaubet er auch noch, daß die Güte der Dollondischen Fernröhre dem Augenglase mit zuzuschreiben sey. [w]).

Ueberhaupt ist die Art, wie Herr Euler von dieser Sache schreibt, eines der feinsten Beyspiele, die mir vorgekommen sind, wie man zwischen einer Theorie, die man für gar zu wohl gegründet hält, und zwischen unwidersprechlichen Thatsachen, die sie über den Haufen stoßen, in Verlegenheit gerathen könne. „Ist meine „Theorie richtig, saget er, so folget, daß Herrn Dollonds Objectivgläser von der „Farbenzerstreuung nicht frey sind, wie es doch Hr. **Short** ausdrücklich bezeuget. „Ein so feyerliches Zeugniß in Zweifel zu ziehen, fällt mir so schwer, als eine Theo„rie aufzugeben, die mir so gut gegründet zu seyn scheint, und dafür eine Meynung „anzunehmen, die allen bewiesenen Gesetzen der Natur so sehr entgegen, als wun„derbar und widersinnig ist (bizarre et révoltant).„ Er berufet sich auf Versuche, die

t) Nicht durch eine Irregularität, sondern durch eine Ungleichheit. Hr. Beguelin stellet erst seine Rechnungen für Gläser an, die gleich hohl und bauchicht sind, und findet die Abweichung von der Kugelgestalt 25 mal größer, als von der Farbenzerstreuung. Darum, saget er, müsse durch ungleich erhabene und hohle Gläser geholfen werden, wie auch Dollond ohne Zweifel es gemacht hat. S. die Anmerk. m) K.)

u) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1762, p. 383.

v) Ibid. p. 403. 409.

w) Ibid. p. 245. 253. 261.

die in einem verfinsterten Zimmer angestellet werden sollten, wodurch, wie er gewiß glaubet, erhellen werde, daß die Dollondischen Objectivgläser den Fehlern von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen so gut wie die gewöhnlichen unterworfen seyn. x)

Weil er aber doch nicht zweifelte, daß Herr **Dollond**, es sey zufälliger Weise oder auf andere Art, durch seine Zusammensetzung der Gläser den Fernröhren eine wichtige Verbesserung verschaffet hätte: so ließ er seinen ersten Entwurf, zwey Mittel von verschiedener Brechbarkeit zu brauchen, fahren, und wandte seine Gedanken bloß auf die Verbesserung der Abweichungen, welche von der Krümme der Gläser entstehen. Inzwischen daß er, seiner Meynung nach, nach den wahren Grundsätzen der Optik verfuhr, konnte er doch nicht umhin, seine Verwunderung darüber zu bezeugen, daß Herr **Dollond** durch Schlüsse, welche der Natur der Dinge ganz zuwider wären, auf eine so wichtige Entdeckung gekommen seyn sollte. y)

werden gehoben.

Endlich aber ward Herr **Euler** von der Richtigkeit der Dollondischen Entdeckungen überzeuget, und gestand offenherzig, daß er vielleicht nie sich hätte davon überführen lassen, wenn nicht Hr. **Clairaut** ihn versichert hätte, daß die Dollondischen Erfahrungen völlig zuverläßig wären. Die Versuche, welche Herr D. **Zeiher** in Petersburg gemachet hatte, vollendeten endlich seine Ueberzeugung.

Zeihers wichtige Entdeckungen.

Dieser Gelehrte zeigete augenscheinlich, daß das Bley, welches man zu einigen Glasarten nimmt, dasjenige ist, welches dem Glase die besondere Eigenschaft giebt, daß die Brechung der äußern Strahlen sehr verschieden wird, ohne daß sich die Brechung der mittlern merklich ändert. Durch den mehrern Zusatz vom Bley brachte er eine Art Glases hervor, welches die Strahlen weit stärker als das Flintglas zerstreuete. Solchergestalt sah sich Herr **Euler** genöthiget, seinem bisherigen Grundsatze, daß die Zerstreuung der Strahlen von der Brechung der mittlern abhangen müsse, zu entsagen, und einzugestehen, daß jene auf die Beschaffenheit des Glases hauptsächlich ankomme, wenn diese davon fast unabhängig ist. z)

Aus diesen neuen Grundsätzen leitete Herr Euler Formeln für die Zusammensetzung der Gläser her, und giebt, wie die Herren **Clairaut** und d'**Alembert**, Regeln zur Verfertigung der achromatischen Fernröhre.

Während, daß er sich hiermit beschäfftigte, erhielt er vom Hrn. **Zeiher** einen Brief, datiret Petersburg den 30. Januar 1764, darinn dieser ihm von dem Erfolge seiner Versuche umständliche Nachricht ertheilete, daß er nämlich durch die Vermischung von Mennige und Kiesel in verschiedenen Verhältnissen sechserley Arten Glas hervorgebracht hätte, deren mittlere Brechungs- und Zerstreuungskraft in folgender Tafel angegeben sind.

Ver-

x) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1762. p. 260.
y) Ibid. p. 261.
z) Ibid 1706. p. 119.

Verhältniß der Mennige und Kiesel.	Mittlere Brechung aus Luft in Glas.	Verhältniß der Zerstreuung in Vergleichung mit gemeinem od. Kronglase.
I. — — 3 : 1	2028 : 1000	4800 : 1000
II. — — 2 : 1	1830 : 1000	3550 : 1000
III. — — 1 : 1	1787 : 1000	3259 : 1000
IV. — — ¾ : 1	1732 : 1000	2207 : 1000
V. — — ½ : 1	1724 : 1000	1800 : 1000
VI. — — ¼ : 1	1664 : 1000	1354 : 1000

Aus dieser Tafel sieht man, daß eine größere Menge Bley nicht allein eine größere Zerstreuung der Strahlen verursachet, sondern auch die mittlere Brechung beträchtlich vergrößert. Die erste dieser Gattungen vom Glase, welche dreymal so viel Mennige als Kiesel enthält, ist sehr merkwürdig, weil man sonst keine durchsichtige Materie gekannt hat, welche das Licht stärker als in dem Verhältnisse von ein zu zwey bräche, und weil die Zerstreuung der Strahlen durch dieses Glas fast fünfmal größer ist, als durch das Kronglas: ein Umstand, der denjenigen unglaublich vorkommen mußte, die gezweifelt hatten, ob das Flintglas eine nur anderthalbmal größere Zerstreuung als das Kronglas hervorbringen könnte. Doch läßt sich an diesen Glasarten ein gewisses Verhältnis zwischen der mittlern Brechung der Strahlen wahrnehmen, durch welches man vielleicht diese wunderbaren Wirkungen mit andern schon bekannten Grundsätzen vereinigen kann.

Aber Hr. **Euler** benachrichtiget uns von noch einer andern nicht weniger merkwürdigen Entdeckung eben des Hrn. **Zeihers**, die alle seine Entwürfe zur Erklärung dieser Erscheinungen vernichtete. Weil die obigen sechs Glasarten bloß aus Mennige und Kiesel zusammengesetzet waren, so fiel Hr. **Zeiher** auf den Gedanken, noch alkalische Salze dazu zu setzen, um dem Glase mehrere Dichtigkeit zum bessern Gebrauche in der Dioptrik zu geben. Er wunderte sich aber nicht wenig, da er fand, daß diese Mischung die mittlere Brechung sehr verminderte, ohne die Zerstreuung fast im geringsten zu ändern. Nach vielen Versuchen erhielt er endlich eine Gattung Glases, welches das Dollondische Flintglas, in Absicht des Gebrauches zu Fernröhren weit übertrifft, weil sie das Licht dreymal so sehr als das gemeine Glas zerstreuet, und doch das Verhältniß der mittlern Brechung nur das von 1,61 zu 1 ist. [a])

Hr. **Euler** ertheilet in einem andern Aufsatze Vorschriften, wie sowohl die mittlern als äußern Brechungen verschiedener Glasarten zu finden sind, und räth an, Prismen mit großen brechenden Winkeln, gegen 70 Graden zu nehmen. [b])

Murdochs Einwürfe gegen Dollond.

So einstimmig fast alle Naturkündiger waren, daß Dollond wirklich etwas neues entdecket hätte, das in Newtons Theorie der Optik noch nicht enthalten sey, so wollte doch ein so einsichtsvoller und der Mathematik kundiger Mann, wie Herr Mur-

a) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1766. pag. 150.

b) Ibid. p. 202. (Hr. E. findet die Lage des Prisma, welche Newton gebraucht, die Brechung zu messen, nicht schicklich zu dieser Absicht. K.)

Murdoch von allen dafür gehalten wird, dieses nicht zugeben. Er warf sich zu Newtons Vertheidiger auf, und behauptete, daß Dollonds Sätze, die man mit Newtons Theorie nicht übereinstimmend habe finden wollen, im Grunde nichts als nothwendige Folgen derselben wären. Er bemühet sich auch zu zeigen, daß Newton in der Beschreibung seines Versuches sich nicht geirret haben mag; wiewohl, wenn man alles, was er in diesem Stücke seiner Vertheidigung anführet, auch zugiebt, daß Newton ein Prisma mit einem kleinern brechenden Winkel gebrauchet haben muß, als er, wie man nach seiner eigenen Beschreibung seiner Versuche nicht anders urtheilen kann, jemals gebrauchet haben mag. [c])

Wie es mit dem Irrthume, in den Newton gerathen, zugegangen.

Vermuthlich ist es so zugegangen, daß Newton dadurch, daß er bloß das im Sinne hatte, was er als eine klare Folge seiner andern Versuche ansah, sich selbst hintergangen hat. Wenn gleich das Licht, welches er sah, gewiß gefärbet gewesen ist, so mochte er dieses doch der Unvollkommenheit seiner Prismen, oder einer Unrichtigkeit ihrer Lage zuschreiben, welches er nicht der Mühe werth hielt, weiter zu untersuchen. Man kann auch noch dieses bemerken, daß Newton in der Beschreibung seiner Prismen und des andern Apparatus bey der Erzählung dieses Versuches gar nicht so umständlich ist, wie er sonst zu seyn pfleget, daß er also vermuthlich seine Nachricht nur aus dem Gedächtnisse aufgesetzet hat. Wirklich ist es kein Tadel für Newton, der so viel geleistet hat, wenn man saget, er habe sich in diesem besondern Falle geirret, und die Entdeckung verfehlet, die Dollond in der Folge gemachet hat; wiewohl Dollond und alle, welche zu der Entdeckung etwas beygetragen haben, großes Lob verdienen, daß sie das Ansehen eines so großen Mannes in Zweifel zu ziehen gewaget haben.

Es ist nicht zu viel vom Newton gesaget, wenn man behauptet, daß er, der sich mit diesen Sachen so viel beschäfftiget, den ganzen Umfang seiner eigenen Lehren übersehen haben müsse, und daß, wenn es durch sie möglich gewesen wäre, den dioptrischen Fernröhren beträchtliche Verbesserungen zu verschaffen, er, als einer, der diese Werkzeuge so sehr untersuchet hat, nothwendig darauf gekommen seyn würde. Allein, was auch Hr. Murdoch für Newton, oder eigentlich gegen Dollond vorbringen mag, so ist es doch in der That nicht möglich, daß solche Fernröhre, wie die Dollondischen, könnten zu Stande gebracht werden, wenn die Brechbarkeit der äußern Strahlen sich in allen Materien wie diejenige der mittlern verhielte, wie es Newton offenbar angenommen hat.

Fernere Verbesserung dioptrischer Fernröhre.

Im Jahre 1758. ertheilte **Dollond** dem Fernrohre noch eine neue Verbesserung, indem er zwey Objectivgläser von Kronglase und eines von Flintglase mit einander verband. Sein Sohn, **Peter Dollond**, trieb diese Verbesserung noch weiter, indem er erstlich ein zusammengesetztes Objectivglas von fünf Fuß Brennweite, aus zwey Convexgläsern von Kronglase und einem Concavglase von Flintglase, mit einer Oeffnung von $3\frac{3}{4}$ Zoll, und hernach ein ähnliches von $3\frac{1}{2}$ Fuß Brennweite mit derselben Oeffnung verfertigte. [d]) Da

c) Phil. Transact. Vol. 53. p. 192.

d) Ibid. Vol. 55. p. 56. (Es ist dies aber eigentlich nichts neues, sondern eine von den berühmten Mathematikern, die diese Sache

Da es von Nutzen seyn kann, die brechende Kraft verschiedener Arten Glas mit ihrer eigenthümlichen Schwere zu vergleichen, so will ich hier die eigenthümlichen Schweren derer Glasarten, die man zu Fernröhren gewöhnlich nimmt, nach den Versuchen, die Hr. **Martin** damit angestellet hat, hersetzen.

Eigenthümliche Schwere einiger Glasarten.

Die eigenthümliche Schwere e)

des weißen Flintglases ist wie	1	zu	3,29
des gemeinen Tafelglases —	1		2,76
des Kronglases — —	1		2,52
des gelben Tafelglases —	1		2,52
des Brasilianischen klaren Kiesels — —	1		2,62

Hieraus sieht man, saget er, daß die brechenden Kräfte dieser verschiedenen Arten Glases sich sehr nahe wie ihre eigenthümlichen Schweren verhalten, welche für das Kronglas, das gelbe Glas und den Brasilianischen Kiesel fast einerley sind, so wie sie es auch für das sogenannte Holländische weiße Glas und den Cornwallischen Diamant sind. f)

Zusatz des Verfassers.

Auf welche Art Newton zu dem irrigen Versuche gekommen seyn mag.

Man hat vieles über den Newtonianischen Versuch, den Dollond unrichtig befunden hat, gesaget, und sich sehr gewundert, daß ein Mann, von solcher Genauigkeit, wie Newton, einen Umstand übersehen können, der in der Folge so wichtig befunden ist. Allein nach dem Abdrucke des obigen Kapitels fiel es meinem Freunde, Herrn **Michell**, glücklicher Weise bey, daß, weil Newton anführet, er pflege **Bleyzucker** in das Wasser zu thun, um desselben brechende Kraft zu vermehren, das **Bley** in dieser Gestalt gleichfalls, wie in der Beymischung zum Glase, die zerstreuende Kraft des Wassers vermehren möchte; und daß, wenn sich dieses so verhielte, man daraus erklären könnte, warum Newton die Zerstreuungskraft des Wassers nicht kleiner als an seinen Glasprismen gefunden habe, wie er sie sonst müßte gefunden haben, wenn er den Versuch so, wie er ihn beschreibt, angestellet hätte.

Dem zu Folge stellete er ein gläsernes Prisma in Wasser, darinn so viel Bleyzucker als möglich aufgelöset war, indem dieses sich zum Wasser, wie 5 zu 11 etwa verhielte. Wenn ein Gegenstand durch dieses so imprägnirte Wasser und durch das gläserne Prisma an seiner wahren Stelle gesehen ward, so schien er zwar gefärbet, aber sehr wenig, etwa nur den vierten Theil so viel, als wenn er reines Wasser nahm. Darum zweifelte er nicht, daß wenn sein Prisma etwas weniger zerstreuende Kraft gehabt hätte, die Abweichungen der Strahlen gänzlich würden gehoben

Sache untersucht haben, schon angegebene Einrichtung. K.)

e) Nämlich des Regenwassers zu den benannten Glasarten. K.

f) New elements of Opticks, p. 69.

gehoben worden seyn. Es zerstreuete die Strahlen sehr stark. Wäre es von Kronglase gewesen, so glaubet er gewiß, daß die Farben eine entgegengesetzte Lage würden bekommen haben. Der brechende Winkel seines Prisma war 58°; der brechende Winkel des mit reinem Wasser angefüllten, dadurch der Gegenstand an seiner wahren Stelle erschien, war 46°, und des mit Bleyzucker gesättigten war 36° 30′.

Darauf stellete er ein Prisma, das aus Wasser mit aufgelösetem Bleyzucker bestand, in ein prismatisches Gefäß mit reinem Wasser, die brechenden Winkel einander entgegengesetzet; beyder ihre Winkel hatte er so genommen, daß der Gegenstand in seiner wahren Stelle gesehen ward. Der brechende Winkel des Prisma mit dem imprägnirten Wasser war 90°, des andern mit dem reinen Wasser 11° 30′, welchen Winkel er durch Rechnung voraus bestimmet hatte, so gut es sichs thun ließ, und der auch bis auf etwa einen viertheil Grad eintraf. Er verbesserte ihn, bis daß der Gegenstand durch das Prisma unverrücket erschien.

Unter diesen Umständen war der Gegenstand allerdings farbicht; allein nicht so sehr, als er es erwartete. Ob man durch ein Glasprisma die Farben heben könne, kann er nicht vorher sagen, da man hierbey genauer verfahren, und Glas mit wenig oder gar keinem Bley brauchen müßte. Das Brechungsverhältniß für sein gläsernes Prisma war 94,57 zu 60 (93 zu 60 ist es gewöhnlich fürs Flintglas, und 91 zu 60 fürs Kronglas) woraus er schloß, daß es viel Bley enthalten müßte. Das Brechungsverhältniß für die Mischung des Bleyzuckers und Wassers war 82 zu 60 sehr nahe.

Zusätze des Uebersetzers.

Da die Lehre von dem Verhältnisse der Farbenzerstreuung noch zu neu ist, als daß sie schon allgemein genug bekannt seyn könnte, so wird es wohl nöthig seyn, theils die verschiedenen Theorien, die man sich davon erdacht hat, in einigen Stücken noch mehr aus einander zu setzen, als oben geschehen ist; theils auch die Dollondischen Schlüsse besser zu entwickeln, damit der Leser eine Probe habe, wie es möglich sey, die Farbenspielung der Gläser zu heben.

Es sey das Brechungsverhältniß aus Luft in ein gewisses Mittel für die mittlern Strahlen, $m:1$, und für die äußersten, als die violetnen, $M:1$. Das Brechungsverhältniß aus Luft in ein anderes Mittel sey für jene Strahlen, $n:1$; für diese $N:1$. Das Verhältniß $M-m:N-n$ heißt das **Verhältniß der Farbenzerstreuung**, (ratio dispersionis) Man kann auch $M-m$ und $N-n$, weil es kleine Größen sind, wie Differentiale, dm, dn, bezeichnen.

I. Newtons Theorie.

Nach Newton ist $m-1:M-1=n-1:N-1$,

woraus folget $m-1:M-m=n-1:N-n$,

oder $m-1:n-1=M-m:N-n=dm:dn$

Dieser

Dieser Satz hängt mit seinem angegebenen Versuche folgendergestalt zusammen. Es sey AEF ein prismatisches mit Wasser gefülltes Gefäß, in welchem das gläserne Prisma CBD, mit aufwärts gekehrtem brechenden Winkel B stehe. Durch diese Mittel werde der Strahl GH nach HI, IK, KL, LM, gebrochen. In H, I, K, L, errichte man die Einfallslothe pP, PQ, QR, Rr. Das mittlere Verhältniß der Brechung aus Luft in Wasser sey m : 1, aus Glas in Luft 1 : n, so ist das aus Glas in Wasser, m : n. *) Die brechenden Winkel bey A, B, C, D will ich bloß durch diese Buchstaben, den Einfallswinkel GHp durch H; den Ausfahrungswinkel MLr durch L bezeichnen. Die Winkel der Strahlen mit den Perpendikeln sollen alle so klein seyn, daß man sie ihren Sinussen proportional setzen kann. Demnach ist $PHI = \frac{1}{m}H$, und $PIH = C - \frac{1}{m}H$, weil der äußere Winkel bey P dem C gleich ist. Daraus wird $QIK = \frac{m}{n}PIH = \frac{m}{n}C - \frac{1}{n}H$, und $IKQ = B - \frac{m}{n}C + \frac{1}{n}H$. Ferner $RKL = \frac{n}{m}IKQ = \frac{n}{m}B - C + \frac{1}{m}H$, und $RLK = D - \frac{n}{m}B + C - \frac{1}{m}H$, also endlich $L = mD - nB + mC - H$. Es ist aber der spitzige Winkel, welchen die Verlängerungen der Strahlen GH, LM mit einander machen, $V = H + L - A$, wie man sich leicht durch eine besondere Zeichnung beweisen kann, wenn man die Einfallslothe Pp, Rr, und die Linien GH, ML, die auf derselben Seite der Perpendikel in Absicht auf A liegen, bis zum Zusammenstoßen verlängert. Also ist dieser Winkel $V = mD + mC - nB - A = m(A + B) - nB - A = (m - 1)A - (n - m)B$.

Für die äußersten Strahlen, als die violetnen, sey das Verhältniß der Brechung aus Luft in Wasser M : 1; aus Luft in Glas N : 1, so ist für diese der Winkel $V = (M - 1)A - (N - M)B$.

Sollen die ausfahrenden ungleichartigen Strahlen mit einander parallel seyn, so ist der Winkel V immer derselbe, und es ist

$$(M - m)(A + B) = (N - n)B$$

oder $dm : dn = B : A + B$.

Wäre Newtons Versuch richtig, so ist LM mit GH parallel, wenn die ungleichartigen Strahlen parallel mit einander ausfahren, oder es ist alsdenn $V = 0$, oder es ist $(m - 1)A = (n - m)B$, also $A : B = n - m : m - 1$ und $A + B : B = n - 1 : m - 1$, folglich

$$dm : dn = m - 1 : n - 1.$$

Es folget also Newtons Lehrsatz von der Zerstreuung der Farben ganz richtig aus seinem Versuche, in so weit die Winkel klein genug sind, wie es Newton ohne Zweifel auch gemeynet hat.

 II. Herrn

*) Den Beweis dieses Satzes, den Newton gleichfalls aus seinem Versuche herleitet, findet man aus andern optischen Grundsätzen bewiesen in Kästners Lehrbegriffe der Optik. S. 437.

II. Herrn Eulers Theorie.

Herr Euler, in seiner Abhandl. sur la perfection des verres objectifs des lunettes, Mem. de Berlin 1747. p. 285. setzet folgende Stücke fest, woraus das Verhältniß zwischen m und M, wie auch n und N herzuleiten sind. Nämlich 1) N wird auf dieselbe Art durch n ausgedrücket werden, wie M durch m. 2) Wenn $m = 1$, so muß auch $M = 1$ seyn, weil alsdenn beyde Mittel einerley sind, und keine Brechung geschieht. 3) Wenn man statt m setzet $\frac{1}{m}$, so muß der analytische Ausdruck, welcher M durch m giebt, sich in $\frac{1}{M}$ verwandeln. Denn alsdenn gehen die Strahlen aus dem zweyten Mittel ins erste, und ihr Weg ist derselbe, wie aus dem ersten Mittel ins zweyte. 4) Wenn man mn statt m setzete, so muß der Ausdruck für M sich in MN verwandeln. Diese Bedingungen finden statt, wenn N sich durch dieselbe Potenz von M ausdrücken läßt, auf welche man m erheben muß, um n zu haben, d. i. wenn sowohl $n = m^{\alpha}$ als $N = M^{\alpha}$.

Dieses vorausgesetzet, findet man das Verhältniß $M - m : N - n$ oder $dm : dn$ leicht. Es ist nämlich $\log n = \alpha \log m$, und folglich $\alpha = \frac{\log n}{\log m}$. Ferner ist $d. \log n = \frac{dn}{n}$ und $d. \alpha \log m = \frac{\alpha dm}{m} = \frac{\log. n}{\log. m} \cdot \frac{dm}{m}$; folglich, da beyde differentiale gleich sind,

$$dm : dn = m \log. m : n \log. n.$$

Z. B. wenn sie für Glas $m = 1,55$, für Wasser $n = 1,336$, so ist $dm : dn = 1,756 : 1$. Nach Newton wäre $dm : dn = 1,637 : 1$.

Inzwischen widerspricht die Erfahrung dieser Theorie. Der Fehler liegt, so viel ich sehe, gleich in der ersten Bedingung, daß es eine allgemeine, eine gemeinschaftliche Gleichung zwischen M und m, desgleichen zwischen N und n geben soll. Es hängt aber M nicht bloß von m, sondern von andern Dingen ab, die vielleicht nicht einmal mathematisch ausgedrücket werden können. Uebrigens zweifele ich nicht, daß die Eulerische Theorie allein die richtige seyn würde, wenn es eine Gleichung zwischen M und m für alle brechende Materien gäbe, und daß, da sie mit der Erfahrung nicht übereinstimmet, gar keine sonst zu hoffen sey. Clairaut zweifelt zwar an der Richtigkeit des dritten Erfordernisses, weil es bey der Hypothese, nach welcher die verschiedene Brechbarkeit in der verschiedenen Geschwindigkeit der Strahlen ihren Grund hat, sich nicht findet; da es doch, meynet er, bey jeder, sich nicht selbst widersprechender Hypothese statt haben müßte. Ich möchte dieses eher als einen Grund gegen eine solche Hypothese ansehen, wenn sie nicht sonst schon von der Erfahrung widerleget würde. Denn läßt M sich aus m überhaupt bestimmen, so ist es gleichgültig, ob man unter $m : 1$ und $M : 1$ das Brechungsverhältniß aus dem

dem Mittel A in das B, oder aus B in A versteht. Das vierte Erforderniß hat Hr. Euler, meinem Bedünken nach, hinzugesetzet, um den Ausdruck der Größe M durch m näher zu bestimmen. Denn die erstern fänden auch statt, wenn

$$M = \frac{A m^{p} + B m^{p-1} + C m^{p-2} + \text{etc.}}{A + B m + C m^{2} + \text{etc.}} \text{ wären.}$$

Sind nämlich die Brechungshindernisse für zweyerley Arten Strahlen aus dem Mittel A in das Mittel B diese, m : 1, und M : 1; und aus dem Mittel B in das Mittel C, diese n : 1 und N : 1, so sind sie aus dem Mittel A in das Mittel C diese m n : 1 und M N : 1. Wenn also M durch m, und N durch n bestimmet werden können, so muß auf eine ganz ähnliche Art M N durch m n gegeben werden, das heißt, wenn man in der Formel, welche M durch m giebt, statt m schreibet m n, so muß M N der Werth derselben werden. Darum würde die obige Formel für M auf folgende einfache, $M = m^{p}$ gebracht werden; und für das andere Mittel wäre gleichfalls $N = n^{p}$. Hieraus folgete weiter $\log M = p \log m$ und $\log N = p \log n$, folglich $\log M : \log N = \log m : \log n$; das ist $\frac{\log n}{\log m} = \text{Const} = \alpha$ und daraus $n = m^{\alpha}$, wie es Hr. Euler angenommen.

Da Hr. Euler also das größte Recht hatte, seine Theorie, die einzige mögliche wahre, für richtig zu halten: so ist es ihm nicht zu verübeln, daß er sich nicht anders als durch die augenscheinlichsten Erfahrungen überzeugen lassen wollte, sie komme mit der Natur nicht überein. Ehe könnte man es Dollonden verargen, daß er einen von Newton nur obenhin angezeigten Versuch nicht eher in Zweifel zu ziehen sich getrauete, als bis Klingenstierna die Unrichtigkeit des Newtonianischen Verhältnisses der Farbenzerstreuung ihm demonstriret hatte. Die Erfahrung von der Brechung in unserm Auge, welche Hr. Euler zum Gegenbeweise nahm, ist doch gewiß zuverläßiger als Newtons Versuch. Wir haben die so wichtige Erweiterung der Optik, durch den Gebrauch zweyer brechender Mittel die Farben zu heben, niemanden als Hrn. Euler zu danken, wie es auch Clairaut Mem. de l'Ac. de Paris 1756. p. 403.) eingesteht. Und wenn Dollond diese Idee weiter getrieben hat, so hat wiederum niemand so sehr, wie Hr. Euler, die Rechnungen von der Verbesserung der verschiedenen Brechbarkeit, nett, faßlich und praktisch abgehandelt.

Einen andern Beweis seiner Theorie hat Hr. Euler in einem Briefe an Dollond (Philos. trans. vol. 48. p. 296.) gegeben, der aber eben das im Grunde voraussetzet, was der obige. Man sehe auch noch zwo Abhandlungen des Hrn. Eulers in den Mem. de Berlin, 1753. p. 249. und 1754. p. 200.

III. Farbenzerstreuung nach der Theorie der Attraction.

Man wird der Vorstellung, daß die Brechung der Lichtstrahlen durch eine Wirkung des brechenden Mittels auf die Lichttheilchen, durch eine Anziehung der-

derselben bewerkstelliget werde, sehr gewogen, wenn man sieht, daß sich die Beständigkeit des Brechungsverhältnisses nach dieser Hypothese so mathematisch demonstriren läßt, wie es Newton in seinen Principien gethan hat. Allein um diese Hypothese zu bestätigen, oder zu verwerfen, wird der mathematische Naturforscher nicht zu schwankenden und verworrenen Beweisen oder Widerlegungen sich herablassen, sondern durch Hülfe der Rechnung die Natur näher befragen.

So machete es **Clairaut** in der Abhandlung über die Fernröhre. Mem. de l'Acad. de Paris, 1756. Er hatte schon mehrere Jahre vorher, in einer Abhandlung über die Cartesianische und Newtonianische Erklärung der Strahlenbrechung (Mem. de Paris 1738.) die krumme Linie untersuchet, welche ein Strahl nach der Hypothese der Anziehung beschreibt, sie mag nach welchem Gesetze sie wolle, geschehen. Diese krumme Linie hat die Eigenschaft, daß der Sinus des Winkels, welchen ein Element derselben, in gegebener Entfernung von der brechenden Ebene, mit einem Perpendikel auf dieselbe machet, zu dem Sinus des Einfallswinkels in einem unveränderlichen Verhältnisse steht. Nennt man die Geschwindigkeit einer gewissen Gattung von Strahlen, als der rothen, f, so ist das Verhältniß des Einfallssinus zum Brechungssinus dieses, $\sqrt{(1 + \frac{2\,\text{Const.}}{ff})} : 1$. Es werde dieses durch $m : 1$ bezeichnet, so folget $2\,\text{Const} = (mm - 1)ff$. Das Brechungsverhältniß einer andern Gattung von Strahlen, als der violetnen, sey $M : 1$, ihre Geschwindigkeit sey g, so ist gleichfalls $2\,\text{Const} = (MM - 1)gg$, und das Brechungsverhältniß, $M : 1 = \sqrt{(1 + \frac{(mm-1)ff}{gg}} : 1$.

Hierbey bemerke ich (denn den Jahrgang der Pariser Akademie von 1756 habe ich gegenwärtig nicht zur Hand) erstlich, daß dieser Ausdruck von M gegen das dritte von Hrn. Euler angemerkte Erforderniß einer Gleichung zwischen M und m anstößt. Doch dieses soll nicht gerechnet werden. Denn die Hypothese stößt auf mehr als eine Art gegen die Erfahrung an. Es ist nämlich $ff : gg = MM - 1 : mm - 1$. Da nun, nach Newtons Beobachtungen, im Glase $m = \frac{77}{50}$; $M = \frac{78}{50}$, so ist $f : g = 45 : 44$. Darum müßte sich, wie im 2. Abschnitte dieser Periode erzählet ist, ein Unterschied zwischen den rothen und violetnen Strahlen bey den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten bemerken lassen, welches aber nicht geschieht.

Hat man durch Beobachtungen an einem brechenden Mittel, das Verhältniß $f : g$ bestimmet, so kann man für jedes andere Mittel aus dem Brechungsverhältnisse der rothen Strahlen, $m : 1$, das Brechungsverhältniß der violetnen nach dieser Hypothese bestimmen. Oder, wenn man eine Formel haben will, so: Weil $(mm - 1)ff$ unveränderlich seyn soll, so ist $dm = \frac{mm-1}{m} \cdot \frac{-df}{f}$. Das Zeichen $-$ bedeutet nur, daß die Geschwindigkeit der am meisten brechbaren Strahlen kleiner sey, als der andern, dagegen m für sie größer ist. Für ein anderes brechendes Mittel sey das Brechungsverhältniß der rothen Strahlen, $n : 1$, so ist $dn = \frac{nn-1}{n} \cdot \frac{-df}{f}$ also ist $dm : dn = \frac{mm-1}{m} : \frac{nn-1}{n}$.

Es

Es können hier auch $m : 1$ und $n : 1$ die Brechungsverhältnisse der mittlern Strahlen, und f ihre Geschwindigkeit bedeuten, ohne daß die ganze Rechnung verändert wird.

Alle diese Theorien weichen von der Erfahrung weit ab. Dollond fand für das Kronglas das mittlere Brechungsverhältniß $m:1 = 1,53:1$ für das Flintglas, $n:1 = 1,58:1$, und $dm:dn = 2:3$. Es ist aber

nach Newton — — — $dm:dn = 1:1,1094$
nach Eulern — — — $dm:dn = 1:1,111$
nach der Hypothese der Attraction, $dm:dn = 1:1,08$

IV. Berechnung des Dollondischen Versuches mit zweyerley Glasprismen.

Dollond hat sich, wie Hr. Euler in seiner Dioptrik, T. 1, p. 315. erzählet, eines Prisma von Kronglase mit einem brechenden Winkel von 30 Grad, und eines von Flintglase mit einem Winkel von 19 Grad bedienet, diese an einander geleget, und das Sonnenbild frey von Farben gefunden, woraus er das Verhältniß der Zerstreuung im Kronglase und Flintglase, wie 2 zu 3 geschlossen.

Es sey CAB das Prisma von Kronglase, ABD das von Flintglase; das Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen in jenem, $m:1$, in diesem $n:1$; also dasselbe aus Kronglas in Flintglas $n:m$. Der einfallende Strahl EF werde nach FG, GH, HI gebrochen. In F, G, H seyn die Einfallslothe pP, QR, QS. Setzet man die Sinus den Winkeln proportional, welches zu gegenwärtiger Absicht hinlänglich genau ist, so ist $PFG = \frac{1}{m} F$. (Ich bezeichne hier wieder einige Winkel so abgekürzter Weise, wie im 1. Zusatze.) Daher ist $PGF = A - \frac{1}{m} F$. Ferner $HGR = \frac{m}{n} PGF = \frac{m}{n} A - \frac{1}{n} F$, und $QHG = HGR - HQG = HGR - B = \frac{m}{n} A - B - \frac{1}{n} F$, woraus $IHS = n.\,QHG = m.A - n.B - F$ folget. Ist dieser Winkel negativ, so zeiget dieses an, daß IH auf der andern Seite von HS, und der Durchschnittspunct Q innerhalb des Prisma ABD falle.

Es seyn M und N für die violetnen Strahlen, was m und n für die mittlern waren, so ist für diese $IHS = M.A - N.B - F$. Sollen keine Farben entstehen, so sind beyde Winkel gleich, oder es ist $m.A - n.B = M.A - N.B$, das ist $(M - m)A = (N - n)B$, oder es ist $dm : dn = B : A = 19:30$ fast wie $2:3$.

Eine genaue Formel hat Herr Euler in seiner Dioptrik T. I. p. 318 gegeben. Sie ist folgende

$$dm:dn = \sin B.\, \sin GFA : \sin A.\, \sin GHB,$$

woraus man sieht, daß die Bestimmung des Verhältnisses der Zerstreuung allerdings von dem Einfallswinkel abhängt. Dollond aber gesteht auch in einem Briefe,

den

fig. 76.

den Clairaut in den Pariser Memoiren von 1757 anführet, selbst ein, daß er das Verhältniß 2:3 nicht sehr scharf gesuchet habe.

V. Wie durch ein gedoppeltes Objectivglas die Farbenzerstreuung gehoben wird.

fig. 77. Es sey AB eine erhabene Linse von Kronglase und CD eine concave von Flint, jene in E, diese in F auf der gemeinschaftlichen Axe GP; für jene sey das Brechungsverhältniß der mittlern Strahlen aus Luft in Glas $m:1$; der äußern, als der violetnen, $M:1$; für diese sey jenes Verhältniß $n:1$, das andere $N:1$. Die Brennweiten der beyden Gläser für die mittlern Strahlen seyn f und g; für die äußern h und l. Die mit der Axe parallel einfallenden mittlern Strahlen sollen durch das erste Glas nach H, durch das zweyte nach K hin gebrochen werden. Sieht man EF als unbedeutend klein an, so findet man aus FH, welches alsdenn für $EH = f$ genommen wird, und aus der Brennweite g, die Vereinigungsweite $FK = \frac{fg}{g-f}$ *). Eben so, wenn die äußern Strahlen durch das erste Glas nach I, durch das andere nach eben dem Puncte K gebrochen werden, findet man aus FI, welches man für $EI = h$ nimmt, und aus der Brennweite des Concavglases, l, die Weite $FK = \frac{hl}{l-h}$. Also ist $\frac{fg}{g-f} = \frac{hl}{l-h}$, oder $fg(l-h) = hl(g-f)$. Weil nun $f:h = M-1 : m-1$, desgleichen $g:l = N-1 : n-1$ **) also $fg : hl = (M-1)(N-1) : (m-1)(n-1)$, so ist erstlich $(M-1)(N-1)(l-h) = (m-1)(n-1)(g-f)$. Setzet man hier für h und l ihre Werthe durch f und g, so erhält man $(M-1)(n-1)g - (N-1)(m-1)f = (m-1)(n-1)(g-f)$, und daraus durch eine leichte Entwickelung

$$g(M-m)(n-1) = f(N-n)(m-1)$$

oder

$$f:g = \frac{M-m}{m-1} : \frac{N-n}{n-1},$$

und in Zahlen $f:g = \frac{2}{53} : \frac{3}{58}$, oder etwas genauer, nach den Erfahrungen mit dem Prisma $f:g = \frac{19}{53} : \frac{30}{58} = 1 : 1,443$. Es müssen nun aber noch die Halbmesser der Krümmungen der Gläser so genommen werden, daß die Abweichungen von der Kugelgestalt so geringe als möglich werden, um so mehr, da die Brennweite des Glases AB noch etwas weniger als der dritte Theil der Brennweite FK des zusammengesetzten Objectives ist.

VI. Nachtrag von Hrn. Prof. Zeihers Entdeckungen.

Herr Prof. Zeiher erzählet in der Abhandlung von denjenigen Glasarten,

*) S. den ersten Th. dieser Uebersetzung. S. 181.

**) S. den ersten Th. dieser Uebers. S. 181, wo m mit $\frac{1}{m}$, $\frac{1}{M}$ u. s. f. verwechselt werden muß.

welche eine verschiedene Kraft die Farben zu zerstreuen besitzen *), er sey auf die erste Spur seiner Entdeckung durch die Vergleichung des Petersburger Krystallglases mit dem Englischen Krystallglase gekommen, in so ferne solche beyde, wenn man sie in die Flamme der Schmelzlampe bringt, ihre Durchsichtigkeit verlieren, und bley- oder aschfarben anlaufen, welches er bey Verfertigung einiger Barometer und Thermometer zuerst wahrgenommen. Weil er nun gewußt, daß man zu dem Petersburger Krystallglase einen beträchtlichen Theil Mennige nehme, so habe er aus dem Anlaufe geschlossen, daß auch zu dem Englischen weißen Glase ein großer Theil Mennige kommen müsse, und sey ferner auf die Vermuthung gerathen, ob nicht vielleicht die größere Farbenzerstreuung von den Bleytheilen herrühre. In dieser Hoffnung habe er auf einer Russischen Spiegelfabrik aus verschiedenen Gattungen Glases unterschiedliche Keile schleifen lassen, und zu seiner großen Freude darunter zwey Gläser gefunden, ein weißes und ein grünlichtes, die in Ansehung der verschiedenen Eigenschaft die Farben zu zerstreuen, und der mittlern Brechungskraft, dem Englischen Flint- und Kronglase völlig gleich gekommen. Er traf, wie er weiter erzählet, bey einem Freunde eine Probe von hartem Krystallglase an, das bloß aus einem Kiesel und Salze bestund. Von diesem Glase ließ er sich Keile schleifen, und fand zu seiner größten Verwunderung, daß die weiße Farbe des Krystalles ganz und gar nichts zur Vermehrung der Farbenzerstreuung beytrüge, indem dieser Krystall keine größere Farbenzerstreuung zeigete, als das Russische grünlichte, oder das Englische Kronglas.

Da er hiedurch in der Vermuthung, daß die große Farbenzerstreuung von dem zum Glaseinsatze genommenen Bleykalke herrühren müsse, immer mehr bestärket wurde: so schloß er weiter, daß ein Glas die Farben auch desto mehr zerstreuen müsse, je mehr Bleykalk nach Proportion der übrigen Bestandtheile dazu genommen würde, und der Erfolg bestätigte seine Vermuthung. Gleiche Theile Mennige und Kiesel gaben ein citronfarbiges Glas, dessen Zerstreuungswinkel dreymal so groß, als bey dem grünlichten oder bey dem erstgedachten harten Krystallglase war. Aus einem Theile Mennige und zween Theilen Kiesel bekam er ein blaßgrünlichtes Glas, dessen Zerstreuungswinkel noch einmal so groß als bey dem Kronglase gefunden ward; und aus vier Theilen Kiesel und drey Theilen Mennige entstund ein grünlichtes Glas, dessen Zerstreuungswinkel um $\frac{5}{8}$ größer als bey dem Kronglase war. Da er auch Englisches Flintglas mit schwarzem Flusse schmelzte, bekam er einen nicht geringen Theil reducirtes Bley, daß sich im Schmelztiegel zu Boden gesetzet hatte. Es bleibe noch zu untersuchen übrig, saget er, ob außer dem Bley noch andere metallische Kalke, oder die regulinischen Theile der Halbmetalle, die Kraft die Farben zu zerstrenen, vermehren können.

Diese Entdeckung des Herrn Zeiher scheint alle bisherigen Theorien vom Lichte umzustoßen, weil darinn die Farbenzerstreuung von der Brechbarkeit der mittlern Strahlen abhängig gemachet wird. Sie hängt aber von den Ingredientien des bre-

*) einer in der Petersburger Akademie in Gegenwart der Kaiserin im J. 1763. gehaltenen Vorlesung. 12. S. 4.

brechenden Mittels ab, und läßt sich so wenig a priori finden, als die Brechung überhaupt. Andere Folgerungen, die für die Optik wichtig sind, findet man in Herrn d'Alemberts Opuscules mathem, p. 405. sqq.

Zum Beschlusse führe ich noch einige hieher gehörige Schriften an, die oben nicht vorgekommen sind.

Die Akademie der Wissenschaften zu Petersburg erhielt auf die für das Jahr 1762 vorgelegte Frage, wie die Unvollkommenheiten der optischen Werkzeuge, welche von der verschiedenen Brechbarkeit und der Kugelgestalt herrühren, durch die Verbindung mehrerer Gläser zu heben seyn, von Herrn **Klingenstierna** eine Schrift, welcher sie den Preis zuerkannte, und die unter dem Titel: Tentamen de definiendis et corrigendis aberrationibus radiorum luminis in lentibus sphaericis refracti, et de perficiendo telescopio dioptrico, etc. zu Petersburg 1762 gedruckt ist. Bey dieser Gelegenheit gab Herr **Euler** auch eine Schrift heraus: Constructio lentium obiectiuarum, ex duplici vitro, quae neque confusionem a figura sphaerica oriundam, neque dispersionem colorum pariant.

In den Berliner Memoiren vom J. 1759 an, ist eine große Menge Abhandlungen über diese Materie von verschiedenen Verfassern, besonders von Hrn. **Euler**, enthalten.

Von dem berühmten **Boscovich** ist eine Sammlung hieher gehöriger Abhandlungen unter dem Titel: Dissertationes quinque ad Dioptricam pertinentes, zu Wien 1767. in 4to herausgekommen. Am Ende der ersten beschreibt er ein Vitrometrum: ein Werkzeug, die Brechungs- und Zerstreuungskraft jeder Gattung Glases zu bestimmen. Es ist ein halb prismatisches Gefäß mit einem veränderlichen brechenden Winkel, das mit Wasser angefüllet wird, und in welches ein Prisma von der Glasart, die man untersuchen will, gethan wird. Aus dem Winkel des erstern Prisma, wenn der Gegenstand durch beyde ohne Farben gesehen wird, wird die Brechungs- und Zerstreuungskraft des Glases geschlossen.

Vom Herrn **Clairaut** findet sich noch ein hieher gehöriges Memoire in den Schriften der Pariser Akademie vom J. 1762. Uebrigens hat die Geschichte dieser neuesten optischen Entdeckungen Hr. D. **Zeiher** selbst sehr schön ausgeführet in einem Programma de nouis dioptricae augumentis, Vitembergae, 1768. nur daß er aus Bescheidenheit darin kein Wort von seinen eigenen wichtigen Entdeckungen einfließen läßt. Aber A. 1773 hat er in einem zweyten Progr. de nouis dioptr. augm. auch seine Erfindung und die Compositionen für diese Glasarten selbst bekannt gemachet; welches auch deutsch im Wittenb. Wochenbl. 1773. im 15. St. befindlich ist.

Daß Herr **Euler** in seinem großen Werke von der Dioptrik, die von ihm zuerst angegebene, und vom Dollond ausgeführte Verbesserung der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen auf das netteste und vollständigste zur Vervollkommnung aller Arten von Fernröhren und Mikroskopen angewandt habe, werde ich nicht zu erinnern brauchen.

* * *

Eine Anmerkung aus der Chymie experimentale et raisonnée, par Mr. Baumé, T. III. p. 284. mag hier noch ihren Platz finden, da sie erkläret, warum es schwer

hält

hält, die Dollondischen Fernröhre außerhalb England eben so gut nachzumachen. Man hat erfahren, saget er, daß das zu Fernröhren taugliche Flintglas auf einer Englischen Glashütte nicht nach sichern Regeln gemachet wird, und nicht immer gleich gut ausfällt, ungeachtet dieselben Ingredientien in demselben Verhältnisse genommen, in denselben Tiegeln, in denselben Oefen, mit demselben Grade der Hitze geschmolzen, und von denselben Arbeitern behandelt werden. Es sind einzelne Tiegel, in welchen man das zu Objectivgläsern taugliche Glas findet, das man alsdenn zu diesem Zwecke zurücke leget. Die ganze Glasmasse in einem solchen Tiegel ist nicht von gleicher Güte; man muß sie in Stücken brechen und die besten auslesen. Aus allen diesen Beobachtungen hat sich gezeiget, daß das Flintglas seine Tauglichkeit zum Gebrauche in Fernröhren nicht sowohl von dem Verhältnisse der Ingredientien, die dazu kommen, erhält, als vielmehr von gewissen während der Verglasung zufällig sich ereignenden Umständen, welche man bisher noch gar nicht im Stande ist, in seine Gewalt zu bekommen und sicher hervorzubringen. Wegen dieser Schwierigkeiten hat die Akademie der Wissenschaften zu Paris einen Preis von 1200 Livres auf die Verfertigung eines dem besten Englischen Flintglase gleichen Glases, und auf die Angabe eines sichern Processes zur Verfertigung desselben gesetzet. Es ist aber diese Aufgabe bis itzt, (saget Herr Baume' im J. 1773.) nicht aufgelöset. Er selbst theilet einige seiner Bemerkungen mit, die zur Auflösung vielleicht den Weg erleichtern möchten.

Zweytes Kapitel.

Beobachtungen über die brechende Kraft mancherley Körper.

Eulers genaue Methode, die Brechungskräfte flüßiger Körper zu bestimmen.

Da der ältere Herr **Euler** ein aus zwey Meniskussen zusammengesetztes Glas einmal mit Wasser, das anderemal mit Weingeiste gefüllet hatte, fand er in dem ersten Falle die Brennweite acht Fuß, in dem zweyten nur fünf Fuß groß, ungeachtet die brechende Kraft dieser Flüßigkeiten nur in dem Verhältnisse von 73 zu 75 von einander abgeht. Daher hielt er diese Art für die beste und sicherste, die brechende Kraft aller durchsichtigen Flüßigkeiten zu bestimmen.

Der jüngere Herr **Euler** führte seines Vaters Entwurf aus, indem er mit verschiedenen Flüßigkeiten Versuche anstellete, und vorher sowohl die Richtigkeit der Methode erwiesen, als auch gezeiget hatte, was wegen der Brechung durch das Glas der Meniskusse abzurechnen sey. Es fügte sich, daß er mit den zu diesen Versuchen dienlichen Gläsern versehen war, die zu Objectivgläsern nach dem oben erzählten Entwurfe hatten dienen sollen, nunmehr aber, weil dieser verworfen war, als unbrauchbar zurückgeleget waren.

Die Beschreibung, welche Hr. **Euler** von seinem Verfahren bey diesen Versuchen giebt, zeiget, daß diese Methode außerordentlich leicht ist. Er hatte nichts weiter nöthig, als seine zwey Gläser, nachdem er sie in die zu untersuchende Flüssigkeit getauchet hatte, an einander zu legen, als worauf sie wegen des flach ge-

 schliffenen

schliffenen Randes, sogleich an einander fest hiengen, das nichts herauslaufen, und man sie wie ein einfaches Objectivglas behandeln konnte. Sie wurden alsdenn in eine lange Röhre gestecket, welche sich nach Belieben kürzer oder länger machen ließ, und in welche noch ein Augenglas kam. Solchergestalt brauchte er nur die Länge dieses Fernrohres genau zu messen, wenn er dadurch einen sehr weit entfernten Thurm deutlich sehen konnte. War die Brennweite kleiner als ein Fuß, so beobachtete er bloß, in welcher Entfernung von der Wand das Bild des gegenüberliegenden Fensters am deutlichsten sich entwarf.[a])

Aus seinen Beobachtungen zog er folgende Tafeln.

Brechungstafeln.

Erstes Paar Meniskusse.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	ist wie	
destillirtes Wasser — — —	1,3358	zu Eins
Regenwasser — — —	1,3358	
Brunnenwasser — — —	1,3366	
Franzwein — — —	1,3453	
Franzbranntewein — — —	1,3603	
dito von einer stärkern Art — —	1,3646	
rectificirten Weingeist — —	1,3685	
höchstrectificirten Weingeist — —	1,3706	
Weißes aus einem Ey — —	1,3685	zu Eins
distillirten Weinessig — —	1,3442	
Eine Auflösung arabischen Gummi —	1,3467	
Eine Auflösung von 2 Scrupel weißen Zuckers in einer Unze Wasser — —	1,3457	
Eine Auflösung von 2 Scr. Kochsalz in dito	1,3477	
Eine Auflösung von 2 Scr. Urinsalz in dito	1,3400	
Provenceröl — —	1,4651	
Terpentinöl — —	1,4822	

NB. Das Kochsalz und das Urinsalz waren durch eine zweymalige Krystallisation gereiniget.

Zweytes Paar Meniskusse.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	ist wie	
destillirtes Wasser — —	1,3358	zu Eins
Regenwasser — —	1,3358	
Brunnenwasser — —	1,3362	
Franzwein — —	1,3458	
Franzbranntewein — —	1,3600	

Das

a) Mem. de l'Ac. de Berl. 1762. p. 302.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	ist wie
dito von einer stärkern Art — —	1,3618
rectificirten Weingeist — —	1,3683
höchstrectificirten Weingeist — —	1,3705
Thee — —	1,3376
Eine mit mineralischem Alkali gesättigte Solution *)	1,3600
Saurer Salpetergeist —	1,4025
Eine Auflösung von 2 Scr. Glauber. Salz in 1 Unze Wasser —	1,3430
Eine Auflösung von 2 Scr. Sylvischen Digestivsalz in dito —	1,3454
Eine Auflösung von 2 Scr. Salmiak in dito	1,3488
Eine Solution von 1 Scr. Eisenvitriol in dito	1,3395
Zerflossen Weinsteinsalz —	1,3917
Provenceröl — —	1,4648
Terpentinöl — —	1,4822

zu Eins

Die brechende Kraft einiger anderer Flüßigkeiten, die er durch das zweyte Paar Meniskusse, den 18 Aug. 1761. untersuchte, da Reaumurs Thermometer auf 31 Grad über dem Gefrierpuncte stand, verhielt sich folgendermaßen.

Das Verhältniß der Brechung aus Luft in	ist wie
Brunnenwasser — —	1,3351
Vier verschiedene Salpeterauflösungen	
12 Gr. ganz gereinigten Salpeter in 1 Unze Wasser — —	1,3380
24 Gr. — —	1,3398
48 Gr. — —	1,3450
2 Drachmen — —	1,3540
Vier verschiedene Infusionen	
Von Petersilie — —	1,3351
Von Nußschaalen — —	1,3355
Von Safran — —	1,3359
Von Pfirsichblättern — —	1,3363
Selteser Wasser — —	1,3353
Egerwasser — —	1,3358
Liquor anodynus — —	1,3650
Kampherspiritus — —	1,3757
Spiritus von Sächsischer Seife —	1,4088

zu Eins

 Herr

*) In dem französischen Original l'alcali minerale saturatum. Hr. Priestley setzt hinzu: I suppose with water. B.)

Erinnerungen gegen Hauksbee.

Hr. Euler beschuldiget die Beobachtungen des Hrn. Hauksbee eines Mangels an Genauigkeit, und bemerket, daß dieser die brechende Kraft des Weingeistes beträchtlich größer ansetzet, als Newton sie angiebt, der doch sich der stärksten Art bedienet hat. Er führt zum fernern Beweise an, daß Hauksbee die brechende Kraft des Weißen aus einem Ey geringer als diejenige des Franzbrannteweins angiebt; da sie doch, wie er durch wiederhohlte Versuche gefunden, so groß als beym rectificirten Weingeiste ist. Hauksbee mache ferner die brechende Kraft des destillirten Weinessigs so groß wie diejenige des Weingeistes, da er durch seine Versuche sie viel geringer, und nur so groß wie die brechende Kraft des Franzweins gefunden. [b])

Verschiedenheiten der Körper in Absicht auf die Brechung.

Die folgenden Bemerkungen des Herrn Euler über diese Sache sind merkwürdig und nützlich. Es ist keine Flüßigkeit, und vielleicht gar kein durchsichtiger Körper überhaupt zu finden, dessen brechende Kraft geringer als des Regenwassers oder des destillirten Wassers wäre. Merkwürdig ist es, daß zwischen Luft und Regenwasser kein Körper in Absicht auf die Brechung fällt.

Nach dem Regenwasser folget gleich das Brunnenwasser, das aber so mancherley in Absicht auf die Brechung seyn mag, als es vielerley Brunnen giebt. Das Brechungsverhältniß für dasselbe ist inzwischen vermuthlich den Gränzen 1, 336 zu 1 und 1, 337 zu 1 enthalten.

Geistige Flüßigkeiten haben ein desto stärkeres Brechungsvermögen, je stärker sie sind. Als Gränzen der Brechungsverhältnisse kann man für sie die Verhältnisse 1, 34 zu 1, und 1, 37 zu 1 annehmen.

Alle Arten Salze, in Wasser aufgelöset, vergrößern vermuthlich dessen Brechung.

Die Auflösungen von Urinsalz und von Vitriol brechen das Licht am wenigsten; die von Kochsalz und Salmiak am meisten. Das Brechungsverhältniß der Salzsolutionen, wenn man einen Theil Salz zu zwölf Theilen Wasser nimmt, wird zwischen 1, 34 zu 1 und 1, 35 zu 1 fallen.

Destillirter Weinessig und die Auflösung von arabischem Gummi kommen in Absicht auf die Brechung dem gewöhnlichen Franzweine sehr nahe; und die Brechung durch Weißes vom Ey ist einerley mit derjenigen durch rectificirten Weingeist.

Die mit mineralischem Alkali gesättigte Solution scheint dasselbe Brechungsvermögen mit sehr starkem Branntewein zu haben.

Saurer Salpetergeist und zerflossenes Weinsteinsalz fallen in Absicht auf die Brechungskraft zwischen geistige Flüßigkeiten und Oele.

Die brechende Kraft der Oele nähert sich am meisten derjenigen, die das Glas hat, besonders das Terpentinöl, das unter allen von ihm untersuchten Flüßigkeiten die größte brechende Kraft besitzt. [c])

Newton

b) Ibid. p. 313.

c) Ibid. p. 310.

Einfluß der Wärme auf die Brechung.

Newton muthmaßte schon, daß die verschiedenen Grade der Wärme auf die brechende Kraft der Körper einen Einfluß haben möchten; allein seine Methode, die Brechung überhaupt zu bestimmen, war zu wenig zuverläßig, hierüber etwas gewisses fest zu setzen; dahingegen Hrn. Eulers Verfahren hiezu sehr schicklich war.

Ein erhitztes Glas bricht die Strahlen stärker als ein kaltes.

1. Er hielt ein einfaches Objectivglas in kochendes Wasser, bis es so heiß wie das Wasser ward; maaß darauf unmittelbar desselben Brennweite, und fand sie 16 Zoll groß. Sie war $16\frac{1}{4}$ Zoll, wie die Linse kalt geworden war. Bey dem Versuche stand das Reaumurische Thermometer auf 14 Grad, und da an diesem 80 Grad für die Hitze des kochenden Wassers gelten, so hatte eine Vermehrung der Hitze zu 66 Grad eine Verminderung der Brennweite um $\frac{1}{4}$ Zoll hervorgebracht.

Ein mit Wasser angefülltes richt die Strahlen weniger, wenn es erhitze ist.

2. Er füllte die Höhlung eines aus zwey Meniskussen zusammengesetzten Glases (des zweyten von den oben angeführten) mit kochendem Wasser an, und fand die Brennweite 45 Zoll, welche nur 41, 44 Zoll groß blieb, wie das Wasser kalt geworden war. Das Thermometer stand auf 34 Grad.

Mehrere Versuche dieser Art.

3. Wie das Thermometer 3 Grad unter dem Gefrierpuncte stand, hielt er ein einfaches Objectivglas über kochendes Wasser, bis das Thermometer, das hart an das Glas gehalten ward, auf 30 Grad stieg; maaß darauf sogleich die Brennweite, und fand sie 48, 31 Zoll. Nachdem das Glas so weit kalt geworden, daß das Thermometer nur 8 Grad Wärme anzeigte, war die Brennweite um $\frac{1}{4}$ Zoll größer geworden; und wie es ganz kalt geworden war, und das Thermometer wieder 3 Grad unter dem Gefrierpuncte stand, war die Brennweite noch um $\frac{1}{4}$ Zoll größer. Sie war also durch eine Hitze von 33 Grad um einen halben Zoll vermindert.

4. Er füllte die Höhlung zweyer Meniskusse (des erstern Paares der oben angeführten) mit Brunnenwasser, hielt sie über kochendes Wasser, während daß das Thermometer von 3 Grad unter dem Gefrierpuncte bis zu 30 Grad darüber stieg; und fand alsdenn die Brennweite 37, 56 Zoll. Sie ward 32, 44 Zoll, da das Thermometer bis auf 6 Grad herunter gefallen war, und 31, 44 Zoll bey einem halben Grad Wärme. Wie das Thermometer 3 Gr. unter dem Gefrierpuncte stand, gefror das Wasser und ward undurchsichtig.

5. Da er eben diese Meniskusse, bey demselben Stande des Thermometers, nämlich 3 Gr. unter dem Gefrierpuncte, mit Franzbranntewein gefüllet hatte, fand er die Brennweite 18, 31 Zoll. Wie dieses zusammengesetzte Glas bis zu 30 Gr. Wärme erhitzet war, ward die Brennweite um 7, 13 Zoll größer.

6. Da er eben diese Meniskusse, bey dem vorigen Stande des Thermometers mit einer Auflösung von Kochsalze gefüllet hatte, war die Brennweite 21, 81 Zoll; diese ward um 2, 88 Zoll größer, nachdem das Linsenglas bis zu 30 Grad Wärme erhitzet war.

7. Da er eben diese Meniskusse mit Olivenöl (das Thermometer stand auf 8 Gr. unter dem Gefrierpuncte) gefüllet hatte, war die Brennweite 6, 75 Zoll; wie sie aber

aber in die Wärme gebracht wurden, da das Thermometer 50 Grad zeigte, war die Brennweite 7, 37 Zoll.

8. An demselben Tage, bey eben dem Stande des Thermometers, füllete er eben diese Gläser mit Egerwasser, und fand die Brennweite 36, 50 Zoll; wie aber das Thermometer auf 50 Grad über den Gefrierpunct, in allem 58 Grad gestiegen war, ward die Brennweite 53 Zoll. [d])

Die Wärme vermehret die Brechungskraft aller durchsichtigen Körper.

Aus diesen Versuchen schließt Hr. Euler folgendes. Der erste und dritte Versuch zeigen, daß die Brennweite einer einfachen Linse abnimmt, so wie ihre Erwärmung zunimmt. Diese Verminderung der Brennweite ist nicht etwa einer Veränderung des körperlichen Raums zuzuschreiben; denn diese ist gegen die hier beobachtete Wirkung viel zu klein, und müßte vielmehr eine entgegengesetzte Wirkung hervorbringen. Sie rühret also ohne allen Zweifel von einer Veränderung der Brechungskraft des Glases selbst her, daß also durch die Wärme die Brechungskraft des Glases, und vermuthlich auch aller andern durchsichtigen Körper, vergrößert, und durch die Kälte vermindert wird.

Man möchte sich wundern, daß, da die Brennweite einer einfachen Linse durch die Hitze vermindert wird, die Brennweite der Meniskusse, wenn sie mit irgend einer Flüßigkeit gefüllet waren, durch die Hitze zunähme. Allein Hr. Euler bemerket, es folge hieraus noch nicht, daß diese Materien von der Hitze auf eine andere Art verändert werden als das Glas, und schließt vielmehr, nachdem er alle Umstände dieses zusammengesetzten Versuches erwogen, daß die Hitze die Brechungskraft des Wassers und aller andern Flüßigkeiten, so gut wie des Glases vermehre. [e])

Des Duc de Chaulnes Methode, die brechende Kraft des Glases zu bestimmen.

Der **Duc de Chaulnes**, dem die bisher gebrauchten Methoden, die Brechung des Glases zu bestimmen, nicht Gnüge thaten, fiel auf eine andere sehr sinnreiche, die bey guten Werkzeugen und bey vieler Aufmerksamkeit sehr brauchbar seyn mag. Er ließ das Glas in Platten formen, deren Oberflächen völlig eben und parallel waren, auf welche er kleine Gegenstände legte, worauf er vermittelst eines zusammengesetzten Mikroskops, das ein vortreffliches Mikrometer hatte, die verschiedenen Entfernungen, in welchen diese Gegenstände deutlich zu sehen waren, bemerkte, und sie mit der Dicke des Glases verglich. Hieraus finde man, saget er, das Brechungsverhältniß für solches Glas unmittelbar. Als, es seyn A und B Puncte an den beyden Oberflächen, und ein Gegenstand befinde sich bey A, so werden die Strahlen bey D und d so gebrochen werden, daß der scheinbare Ort in C ist, und die Entfernung CA wird von der brechenden Kraft des Glases abhangen. [f])

fig. 78.

Auf solche Art bestimmte er die mittlere Brechungskraft funfzehnerley Arten Glases. Sein Kronglas war 2, 78 Zoll wirklich dick, und schien durch die Brechung nur 1, 85 Zoll dicke, woraus das Brechungsverhältniß 1 : 0,665 folget. Für

d) Ibid. p. 328.
e) Ibid. p. 333. 441.
f) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1767. p. 431.

Für Flintglas war die wahre Dicke 2, 42, die scheinbare, 1, 52, das Brechungsverhältniß 1:0,628.

Desselben Methode, die Farbenzerstreuung zu messen.

Zu bestimmen, in welchem Verhältnisse verschiedene Arten Glas das Licht zerstreuen, befestigte er in der Oeffnung eines dunkeln Zimmers, Stücke des besten rothen und blauen Glases, das er erhalten konnte, worüber Haare ins Kreuz gewickelt waren, und maaß darauf aufs genaueste die Entfernung der Vereinigungspuncte der Strahlen, die er mit einem Linsenglase auffieng, dessen Entfernung von der Oeffnung er wußte, und dessen mittlere Brennweite er aufs genaueste vorher bestimmt hatte. Auf diese Art verglich er das Glas von St. Gobin mit dem Englischen Flintglase, und fand, daß die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Flintglas ein Fuß 6. $6\frac{3}{10}$ Zoll, und der blauen Strahlen ein Fuß 6. $3\frac{3}{10}$ Zoll betrug; dagegen die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Glas von St. Gobin ein Fuß 8. $2\frac{7}{10}$, und der blauen ein Fuß 8. $0\frac{10}{10}$ Zoll groß war. Die Vereinigungsweite der weißen Strahlen war für jenes Glas ein Fuß 6. $4\frac{15}{16}$ Zoll, und für dieses ein Fuß 8. $2\frac{3}{10}$ Zoll, so daß die Zerstreuung für jenes sich zu der für dieses verhielt wie 3 zu $1\frac{13}{16}$. g)

Andere Erfindungen dieses Herrn.

Auch erfand der Duc de Chaulnes Methoden, die Größe der Krümmung, welche Gläser, die zu achromatischen Fernröhren gebrauchet werden sollen, haben müssen, und die Entfernungen, in welchen man sie stellen muß, genau zu messen. Desgleichen gab er sich viele Mühe, an allen Werkzeugen, die er gebrauchete, Mikrometer anzubringen.

Drittes Kapitel.

Brechungskraft der Atmossphäre.

Lamberts Verbesserungen gemessener Höhen.

Aus Beobachtungen über die Brechungskraft der Atmossphäre hat Hr. **Lambert** sehr glückliche Verbesserungen der beobachteten Höhen der Berge hergeleitet, und gezeiget, daß sie solchergestalt mit den Barometerhöhen sehr gut übereinstimmen.

fig. 79.

Es sey AC der Halbmesser der Erde, AM eines größten Kreises auf derselben, Mo die Höhe eines Berges, von dessen Spitze o der Lichtstrahl nach der krummen Linie oA bey A ins Auge kömmt, und zwar nach horizontaler Richtung OA. Hr. Lambert erweist erstlich, daß man bey den mäßigen Entfernungen AM, die auf der Erde vorkommen, die Linie oA für einen Kreisbogen nehmen könne; zweytens, daß der Halbmesser dieses Bogens AE siebenmal größer ist, als AC, oder daß der Weg des Lichtes siebenmal weniger gekrümmet ist, als die Erdfläche. Er giebt darauf eine Tabelle, in welcher berechnet ist, wie viel man von der scheinbaren Höhe MO eines Gegenstandes, dessen Spitze in der Horizontallinie erscheint, nach Maaßgabe der Entfernung AM abziehen müsse, die wahre Höhe Mo zu haben. Folgende ist ein Auszug derselben, in welcher Französische Toisen zu verstehen sind. a) In

g) Mem. de l'Ac. de Berl. 1767. p. 441.

a) Les proprietés remarquables de la lumiere par les airs, etc. par I. H. Lambert, à la Haye, 1758, auf der 87. S. Man finder

oO	AM	oO	AM
1	6761	10	21388
2	9562	20	30238
3	11711	30	37035
4	13523	40	42764
5	15119	50	47812
6	16562	60	52375
7	17889	70	56571
8	19124	80	60477
9	20285	90	64146
10	21388	100	67615

In dieser Tafel ist o O die Zahl der Toisen, welche von der scheinbaren Höhe eines Berges, dessen Entfernung AM ist, abgezogen werden muß. Die Höhen O o verhalten sich wie die Quadrate der Entfernungen AM.

Barometerhöhen stimmen mit den gemessenen Höhen überein.

Da Hr. **Lambert** nach diesen Rechnungen die von **Cassini** gemessenen Höhen einiger Berge verbesserte, fand er, daß ein Paar derselben um 80 Toisen zu klein, andere 40 bis 50 Toisen zu groß angesetzet waren, so daß es kein Wunder war, daß die Barometerhöhen mit den Messungen nicht übereinstimmen wollten, da sie hingegen zu den verbesserten Höhen sich vortrefflich schickten. Seine Berechnungen der Höhen der Oerter über der Meeresfläche aus den ihnen zukommenden Barometerhöhen hat er in eine Tabelle gefasset, wovon folgende ein Auszug ist. Die Höhen der Oerter sind in Toisen zu verstehen. b)

Barometerhöhe.		Höhe des Ortes.	Barometerhöhe.	Höhe des Ortes.
27 Z.	11 L.	12,0	26 Z.	306,6
—	10	24,1	25	472,8
—	9	36,3	24	647,9
—	8	48,6	23	829,7
—	7	60,9	22	1020,8
—	6	73,3	21	1221,2
—	5	85,7	20	1431,8
—	4	98,2	19	1652,5
—	3	110,8	18	1887,4
—	2	123,3	17	2134,8
—	1	136,0	16	2397,3
27	—	148,7	15	2677,0
26	—	306,6	14	2976,0

Herrn det diese Tafel sowohl in französischen Toisen als Rheinländ. Ruthen berechnet in eben desselben Verfassers vermehrter Ausgabe der Picardischen Schrift vom Wasserwägen. S. 252. 253. K.

b) Lambert, l. c. p. 114.

Herrn Lamberts Berechnungen setzen inzwischen voraus, daß die Brechungskraft der Luft unveränderlich sey: weil dieses aber nicht ist, so muß man seine Regeln als bloß für den mittlern Stand der Luft gültig ansehen.

Brechungskraft der Atmossphäre sehr veränderlich.

Eine sehr merkwürdige Veränderlichkeit der Brechungskraft der Atmossphäre beobachtete Dr. Nettleton, nicht weit von Halifax in Yorkshire, woraus erhellet, wie wenig man sich auf die aus Winkelmessungen berechneten Höhen der Berge verlassen könne, wenn der Einfluß der Strahlenbrechung in Betrachtung gezogen werden soll. Da er durch die Erfahrung ausmachen wollte, wie viel das Barometer in jeder gegebenen Höhe fiele, als wozu er in dieser bergichten Gegend schöne Gelegenheit hatte, so nahm er sich vor, die Höhen einiger der höchsten dortigen Hügel zu messen, fand aber bey der Ausführung so viel Schwierigkeiten von Seiten der Strahlenbrechung, daß er zu keiner Gewißheit kommen konnte. Er hatte an einem heitern Tage die Höhe eines ziemlich hohen Berges gemessen, und die Höhe des Quecksilbers sowohl am Fuße, als auch auf der Spitze beobachtet, woraus er schloß, daß man, wenn das Quecksilber $\frac{1}{10}$ Zoll fallen soll, 90 und mehr Fuß in die Höhe steigen müsse. Wie er aber an einem trüben Tage, da die Luft weit mehr mit Dünsten beschweret war, den Versuch wiederholete, fand er die kleinen Winkel durch die Strahlenbrechung so vergrößert, daß der Hügel viel höher als vorher schien. Er stellete nachher in seinem eigenen Hause öfters dergleichen Versuche an, daß er mit einem Quadranten nach einigen benachbarten Hügeln hin visirte, und fand, daß sie des Morgens vor Sonnenaufgang, auch des Abends späte um einige Minuten höher schienen, als des Mittags bey heiterer Luft. Einmal fand er zwischen den Höhen desselben Hügels einen Unterschied von mehr als 30 Minuten. Hieraus schließt er, daß die beobachteten Höhen sehr hoher Berge, besonders wenn man sie, wie es gewöhnlich der Fall ist, von ferne unter kleinen Winkeln sieht, gar nicht zuverläßig sind. c)

Eulers Untersuchungen über die Strahlenbrechung in der Atmossphäre.

Hr. Euler hat sehr genaue Untersuchungen über die Brechungskraft der Atmossphäre, in soferne die Veränderungen der Wärme und der Elasticität auf sie einen Einfluß haben, angestellet, und gezeiget, daß die Brechung bis auf eine beträchtliche Entfernung vom Scheitelpuncte hin, sich hinlänglich genau, wie die Tangente dieser Entfernung verhalte, und daß sie mit den Barometerhöhen in einem ordentlichen, mit den Unterschieden der Thermometerhöhen aber in einem verkehrten Verhältnisse stehe. Nur wenn die Sterne nahe beym Horizonte sind, wachsen die Abweichungen schneller, besonders bey veränderter Wärme. d).

c) Philos. transact. ab. vol. 6. p. 161.

d) Mem. de l'Ac. de Berlin, 1754 p. 132. 138. (Von der Strahlenbrechung durch die Luft findet man in dem 12. Buche der Astronomie des Hrn. de la Lande, und in Lulofs Kenntniß der Erdkugel, S. 416. ff. das beste gesammelt. Die Originalschriftsteller sind *Huyghens* de lumine p. 44. *Iac. Bernoulli* Opp. T. 2. p. 1063. *Ioh. Bernoulli* Lect. Hosp. L. 46. Opp. T. 3. p. 516. *de la Hire* Mem. de Paris, 1702. *Hermann* in Actis Erud. 1706. *Taylor* Meth. increm. p. 108. *Bouguer* methode d'observer sur mer la hauteur des astres. P. 2. C. 1. und in den Mem. de Paris 1739 und 1749. *Dan. Bernoulli*

Von dem Blinkern der Fixsterne.

Weil man itzt fast eins ist, das Blinkern der Fixsterne hauptsächlich der ungleichen Brechung des Lichtes, in so ferne sie von den ungleichen und wellenartigen Bewegungen der Dunstkugel herrühret, zuzuschreiben, so will ich zum Beschlusse dieses Abschnittes noch die Bemerkungen über diese Sache, die mir vorgekommen sind, anführen.

Michells Gedanken.

Hr. Michell glaubet, daß, wenn einmal mehrere das andere mal weniger Strahlen ins Auge kommen, dadurch ein so ungleicher Eindruck in dem Auge verursachet werden könne, der vielleicht jene Wirkung, wenigstens zum Theil hervorbringen mag. Es mögen nur sehr wenige Lichttheilchen, vielleicht nur drey oder vier in einer Secunde Zeit in das Auge kommen, und doch kann der Gegenstand immerfort sichtbar bleiben. Der Eindruck kann augenblicklich, und die Empfindung desselben von einiger Dauer seyn. Folglich mögen, nach seiner Meinung, die Lichtstrahlen, die selbst von dem Sirius in einer Secunde ins Auge kommen, nicht über drey bis vier tausend, und von den Sternen der zweyten Größe nicht über hundert seyn. Die scheinbare Ab- und Zunahme des Lichtes welche man bey dem Blinkern der Fixsterne wahrnimmt, mag etwa in einer Secunde vier bis fünf mal geschehen. Demnach wäre es wohl möglich, daß das Blinkern daher entstünde, weil in einer so kurzen Zeit, wie der vierte oder fünfte Theil einer Secunde, die Strahlen natürlicher Weise bisweilen dichter, bisweilen dünner ins Auge kommen. Wenn einmal zwey oder drey auf zwanzig Strahlen mehr, und gleich darauf zwey oder drey weniger ins Auge kommen, so glaubet er, müsse der Unterschied schon merklich seyn. [e])

Nachdem diese Gedanken bekannt gemacht worden waren, bekam Hr. Michell doch einigen Zweifel, ob die ungleiche Dichte des Lichtes auch so vielen Einfluß, wie er gedacht hatte, haben könnte, besonders da er bemerkte, daß auch die Venus bisweilen blinkere. Einmal, da sie etwa 6 Grad hoch stand, that sie dieses recht stark, ungeachtet Jupiter, der damals etwa 16 Grad hoch stand, und lange nicht so helle war, ganz und gar nicht blinkerte. Wenn also, ungeachtet der vielen Strahlen, die von einer solchen Oberfläche, als dieser Planet uns entgegenstellet, ins Auge kommen, er dennoch dem Blinkern unterworfen ist, so muß dieses wohl von solchen wellenartigen Bewegungen in der Dunstkugel herkommen, die eine jede andere mitwirkende Ursache ganz merklich machen. Indessen war die Muthmaßung so wahrscheinlich, daß sie verdienete angeführt zu werden.

Musschenbroeks Meynung.

Musschenbroek glaubet, das Blinkern der Sterne möge nicht allein in der Beschaffenheit der Atmossphäre, sondern auch in dem Auge selbst seinen Grund haben. Denn, saget er, in Holland blinkern bey scharfem Froste und heiterem Himmel, die Sterne am stärksten, da man doch nicht glauben kann, daß zu dieser Zeit häufige Dünste aufsteigen und in der Atmossphäre herumschwimmen; und durch ein Teleskop bemerket man kein Blinkern. Also, fraget er, ob nicht die lebhaf-

noulli Hydrodyn. p. 221. *Simpson's* mathemat. dissert. p. 46. und die hier angeführten Schriften der Herren Euler und Lambert.) B.) e) Philos. Trans. vol. 57. p. 262.

Lebhaftigkeit des Lichtes, damit es das Auge rühret, etwas zu der Sache beytragen könne. f)

Allein er hätte gleich eine Probe seines Gedankens davon gehabt, wenn er nur den Himmel um den Scheitelpunct herum beobachtet hätte, von welcher Gegend her das Licht den kürzesten Weg durch die Atmossphäre geht, und also das Auge am stärksten rühren müßte. Er würde bemerket haben, daß die Sterne in dieser Gegend lange nicht so sehr blinkern, als sie es näher beym Horizonte thun, wo doch weit mehr Licht von der Dunstkugel aufgefangen wird.

Falsche Erklärung.

Meinen Lesern durch ein Beyspiel zu zeigen, daß nicht alle unüberlegte Muthmaßungen zur Erklärung natürlicher Erscheinungen, in die frühern Abschnitte dieser Geschichte allein gehören, muß ich noch anführen, daß in den neuesten Zeiten einige Astronomen das Blinkern der Fixsterne aus der höchst geringen Kleinheit ihres Durchmessers haben erklären wollen, weil sie deswegen durch jedes in der Luft schwimmende Stäubchen dem Auge entzogen würden. Allein Hr. Michell bemerket, daß ein Körper, der dem Auge selbst einen mathematischen unendlich entfernten Punct verdecken sollte, doch so groß als der Stern des Auges seyn müßte. g) Und ich setze noch hinzu, er müßte so groß seyn, daß er ihn beyden Augen zugleich verdeckte.

Veränderung der Farbe an einigen Fixsternen.

Man hat auch an einigen Fixsternen eine augenblicklich abwechselnde **Veränderung der Farbe** wahrgenommen. Hr. **Melville** saget, wenn man den Sirius oder einen andern hellen Stern, in einer nicht großen Höhe über dem Horizonte, unverwandt ansehe, so scheine seine Farbe nicht immer weiß, sondern bey jedesmaligen Blinkern, mit roth und blau versetzet. h) Er selbst weiß es nicht zu erklären; allein der erst angeführte Gedanke des Hrn. **Michell** kann hier sehr wohl genützet werden, wenn er auch zur Erklärung des Blinkerns nicht hinreicht. Denn weil der rothen und blauen Strahlen nicht so viel sind, wie der von den Mittelfarben, und sie also, wie alle zufällige Dinge, den Ungleichheiten mehr ausgesetzet sind, so wird ein kleiner Ueberschuß oder Mangel von der einen oder andern Gattung einen merklichen Unterschied der Farbe der Sterne verursachen. i)

Zusatz des Uebersetzers.

Von dem Blinkern der Fixsterne.

Eine Himmelserscheinung, welche sich aus der Bewegung der in der Atmossphäre herumschwimmenden gröbern Dünste und Theilchen erklären läßt, ist folgende, die Hr. **Lambert** bey Gelegenheit des Durchganges der Venus durch die Sonne im Jahre 1769 beobachtet hat. Er sahe diesen Planeten durch ein gutes Spiegelteleskop, bey seinem Eintritte in die Sonne sich wie eine Ente ins Wasser eintau-

f) Introductio, vol. 2. p. 707.

g) Edinburgh Essays, vol. 2. p. 262.

h) Ibid. p. 81.

i) Philos. Trans. vol. 57. p. 264.

chen und wieder zurücke ziehen. Sie schien in einer Zeit von einigen Secunden zuweilen in einer ablangen Figur bis über $1\frac{1}{2}$ Minuten tief eingesenket, und gleich darauf wiederum ganz heraus zu seyn; und da die Sonne mit ihrem untern Rande am Horizonte war, so schien es, als wäre am obern Rande nordwärts ein ganzes Stück von der Sonne weggekommen, welches sich aber gleich wieder herstellete. Vorher, da die Sonne noch etwa 3 Grad über dem Horizonte stand, sahe ihr Rand ringsherum, besonders aber oben und unten, sehr höckericht, wie eine Säge aus *). Herr Lambert schreibt diese Erscheinungen gewissen augenblicklichen Veränderungen in der horizontalen Strahlenbrechung zu.

Ich bin zwar geneigt, dieselben aus der wallenden Bewegung der gröbern untern Luft zu erklären, so wie man durch einen aufsteigenden Rauch die Gegenstände wanken sieht, aber deswegen bin ich doch nicht geneigt, eben dieser Ursache das Blinkern der Fixsterne zuzuschreiben. Denn warum blinkern die Fixsterne allein, die Planeten nicht, oder doch nur einige derselben selten? Und warum scheinen die Fixsterne Strahlen zu schießen, da sie vielmehr nebst den Planeten sich hin und her bewegen müßten? Darf ich vortragen, was mir bey der Uebersetzung dieses Kapitels eingefallen ist?

Es wäre gut, wenn man erstlich bestimmter die Art und Weise erkläret hätte, wie die Strahlen, wenn sie durch ein wallendes Mittel gehen, hin und her wankend gemachet werden. Vielleicht ist dieses irgendwo geschehen, und vielleicht sind zugleich meine Schwierigkeiten gehoben. Sonst aber bleibt noch folgende Erklärung übrig. Der Reiz des Lichtes auf der Netzhaut verursachet vielleicht eine ganz kleine Bewegung, ein kleines Zittern der Fibern, und das Bild eines leuchtenden Punctes fällt daher bald auf einen, bald auf den andern Punct der Netzhaut. Dauert nun noch der Eindruck auf der einen Stelle, wenn schon die andere gerührt wird, so wird das Bild des leuchtenden Punctes größer als es sonst seyn würde, und es wird bald auf dieser bald auf jener Seite heller: da nämlich, wohin der letzte Eindruck fällt; es scheint Strahlen zu schießen. Dieses mag der Fall bey den Sternen, als einzelnen leuchtenden Puncten, seyn. Die Planeten schießen keine Strahlen, weil ihr Licht gewöhnlich zu schwach ist, als daß der vorhergehende Eindruck auf eine gewisse Stelle der Netzhaut noch neben dem folgenden auf eine andere nächste Stelle fortdauern könnte. Hingegen blinkern die Fixsterne durch ein Fernrohr betrachtet auch nicht, weil alsdenn ihr Bild weit heller ist, und der jedesmalige Eindruck auf eine Stelle den vorhergehenden auf einer nächstgelegenen verdunkelt. Eben so geht es, wenn die Luft, wie in einigen Morgenländern, sehr rein und klar ist. Eine dicke Atmossphäre zerstreuet die Strahlen, welche durch die Brechung überdem selten als von einem Puncte ausfahrend gemachet werden. Das Bild eines Sternes wird daher undeutlicher und schwächer erleuchtet. Durch eine reine Atmossphäre ist es deutlicher und stärker erleuchtet. Es scheint hier, wie es auch sonst in physikalischen, moralischen und politischen Dingen zu gehen pfleget, zu viel und zu wenig ähnliche Wirkungen zu haben.

Fünfter

*) Anmerkungen zu Picards Abh. vom Wasserwägen. §. 53. S. 248.

Fünfter Abschnitt.

Beobachtungen, die Farben dünner Blättchen, und anderer von ähnlicher Art betreffend.

Unter allen optischen Versuchen, die Newton angestellet hat, scheinet er auf keine so viele Mühe gewandt zu haben, als auf die mit den farbichten Ringen an dünnen Blättchen, bey deren Untersuchung er sich als den scharfsinnigsten Mathematiker und Naturforscher zugleich gezeiget; und dennoch mag er nicht allein in Absicht auf die von ihm angegebenen Ursachen der beobachteten Erscheinungen sich geirret, sondern auch sehr wesentliche Umstände daran übersehen haben. Ersteres glaube ich schon gewissermaaßen oben in den Anmerkungen über die von ihm angenommenen Anwandlungen des leichtern Durchgehens oder Zurückgehens dargethan zu haben; so wie das andere aus den Versuchen erhellen wird, welche in den neuern Zeiten, insbesondere von dem Abbe' Mazeas, angestellet sind. Diese erschienen zuerst in den Sammlungen der Berliner Akademie vom Jahre 1752, und hernach verbessert und vermehret in den Memoires presentés, vol. 2.

Des Abbe' Mazeas Versuche.

Da derselbe die flache Seite eines Objectivglases auf einem recht ebenen Spiegelglase vollkommen glatt schleifen wollte, fühlte er nicht allein sehr bald einen starken Widerstand, so daß er das Objectivglas nicht mehr aus der Stelle bringen konnte, sondern bemerkte auch mit Verwunderung zwischen diesen beyden ebenen Glasflächen eben die Farben, welche Newton zwischen der erhabenen Seite eines Objectivglases und einer ebenen Glasfläche gesehen hatte. Hierdurch ward er veranlaßt, die Sache näher zu untersuchen. Seine Bemühungen sind so ausgefallen, daß ich glaube, den Leser davon umständlich unterrichten zu müssen.

Mit zwey polirten Glasplatten.

Wenn man zwey durchsichtige und wohl polirte Glasplatten über einander fortschiebet, und sie so viel mögiich allenthalben gleich stark gegen einander andrücket, so wird man bisweilen in der Mitte, bisweilen nach dem Rande hin einen Widerstand fühlen, und da, wo dieser sich äußert, zwo oder drey feine krumme Linien bemerken, die theils blaß roth, theils matt grün sind. Je länger man die Platten gegen einander reibt, desto mehr werden der rothen und grünen Linien an der Berührungsstelle, und sie erscheinen bald unordentlich, bald ordentlich unter einander gemenget. In dem letztern Falle entstehen concentrische Kreise oder Ellipsen, die mehr oder weniger länglicht sind, nachdem die Oberflächen mehr oder weniger zusammenhängen. Diese bunten Figuren entstehen sicher, wenn man die Gläser vorher wohl abwischet und erwärmet.

Haben sich die Farben gezeiget, so hängen die Gläser sehr stark zusammen, und bleiben so, ohne daß sich die Farben verändern. In der Mitte aller dieser eyförmigen Figuren, die gewöhnlich über zehn Linien lang sind, zeiget sich ein eben so gestalltes Scheibchen, gleichsam als wenn man die Goldblättchen zwischen die Gläser gelegt hätte. In derselben Mitte ist oft ein schwarzer Flecken, der durch ein Prisma betrachtet, lebhaft violet gefärbet erscheint.

Trennet

Trennet man die Gläser plötzlich von einander, es sey, daß man sie horizontal über einander wegschiebt, oder wenn dieses nicht angeht, sie ans Feuer hält, und bringt sie gleich darauf wieder zusammen, so kann man, ohne daß man sie über einander zu reiben brauchet, die Farben hervorbringen, wenn man sie erst behende und allmählig stärker zusammen drücket. Zuerst entsteht ein blaßrothes eyförmiges Scheibchen mit einem hellgrünen Flecken in der Mitte, der bey zunehmenden Drucke eine grüne eyrunde Gestalt annimmt, und einen rothen Flecken in der Mitte bekömmt, worauf dieser auch größer wird, und einen grünen Flecken in der Mitte zeiget, welches forthin immer so abwechselt. Zwischen dem Rothen und Grünen zeigen sich auch noch andere, die man aber in dem folgenden Versuche mit prismatischen Gläsern besser unterscheidet.

Man siehet hieraus, wie die Entstehung der Farben an ebenen und krummen Flächen verschieden ist. An jenen war es, den eben beschriebenen Fall ausgenommen, nicht möglich, sie durch den bloßen Druck hervorzubringen. Die Ursache war offenbar, daß er die Gläser, ohne sie gegen einander zu reiben, nicht so nahe zusammenbringen konnte, als es zu dieser Absicht nöthig war.

Mit dünnen Prismen.

Er stellte nunmehr auch Versuche mit dünnen Prismen an, die er so zusammenlegte, daß sie ein Parallelepipedum ausmachten, und sie gegen einander rieb, worauf an den Berührungsstellen vortrefflich glänzende Farben entstunden. Die bunten Ellipsen, die sich hier zeigten, hatten eine lebhaftere Farbe, als bey dem ersteren Versuche, allein das goldfarbene Scheibchen war weißlicht, und nur gegen den Rand zu gelb gefärbet. Es hatte dasselbe einen schwarzen Flecken in der Mitte, und eine dunkelpurpurne Einfassung. Darauf folgte Blau, Orange, Purpurroth, ein zartes Grün, und schwacher Purpur. An den andern Ringen konnte das bloße Auge nichts als eine schwache rothe und grüne Farbe entdecken, welche sich so in einander verlohren, daß die Gränzen der Ringe sich nicht wohl angeben ließen.

Ordnungen der Farben daran.

Diese Farben waren inzwischen keine ursprüngliche prismatische Farben, weil sie in einander liefen, und sich zusammen vermischten. Um die Ordnungen derselben zu beobachten, trennte er die Prismen plötzlich von einander, legte sie wieder zusammen, und ließ durch den allmählig nachgelassenen Druck die Farben eine nach der andern verschwinden. Die Ordnungen, welche er solchergestalt fand, waren folgende: I. Schwarzer Flecken; weißlichtes Eyrund; gelber Rand; dunkles Purpur. II. Blau; Orange; Purpur. III. Grünlicht Blau; Gelblich Grün; Purpurroth. IV. Grün; Roth. V. Zartes Grün; mattes Roth. VI. Schwaches Grün; schwaches Roth. VII. Sehr schwaches Grün; sehr schwaches Roth. [a])

Hitze vertreibt die Farben.

Wie er diese farbichten Gläser über einer Lichtflamme aufhieng, verschwanden die Farben plötzlich; die Gläser blieben aber an einander feste, wenn sie horizontal hiengen. Als sie kalt geworden waren, kehreten die Farben an ihre Stelle zurück. Darauf nahm er zwey dickere Gläser, um die Farben gemächlicher beobachten zu können, und sahe, daß, so wie sie warm wurden, die Farbenstreifen nach den Rändern

a) Vergl. 5. Per. 5. Abschn. S. 216. des 1. Th. dieser Uebersetzung.

Rändern der Gläser sich hinbegaben, wo sie immer schmäler, und zuletzt so fein wurden, daß er sie nicht mehr erkennen konnte. Nahm er die Lichtflamme weg, so stelleten sich die Farben in derselben Ordnung wieder ein b). Dieses wiederholete er so lange, bis die Gläser sich von der Hitze krümmeten. Diese Abwechselungen müssen von der Ausdehnung der Gläser und der Veränderung ihrer Entfernung von einander durch die Hitze entstanden seyn.

Herr Mazeas schrieb anfänglich mit Newton diese Farben den dünnen Luftscheibchen zwischen den Gläsern zu; allein der so verschiedene Erfolg seiner Versuche mit flachen Gläsern, und derer mit den Objectivgläsern von Newton, überzeugeten ihn, daß die Luft nichts dabey thue. Die Farben der ebenen Gläser verschwanden bey Annäherung der Flamme, die Farben der Objectivgläser nicht. Selbst da er diese letztern so erhitzete, daß das nächste an der Flamme zersprang, nahm er nicht die geringste Erweiterung der farbichten Ringe wahr. Nicht, daß die flachen Gläser weniger zusammengepresset gewesen wären, als die erhabenen; denn da er jene mit Zangen an einander drückte, äußerte sich die Wirkung der Flamme eben so geschwinde. Er legte sogar die beyden flachen Gläser, nachdem er sie allmählig erwärmet hatte, auf glühende Kohlen, und dem ohngeachtet sahe er, wie er das obere gegen das untere mittelst einer eisernen Stange rieb, dieselben farbichten Kreise und Ellipsen, in gleicher Ordnung wie vorher entstehen. Wenn er die Gläser nicht mehr an einander drückete, vergiengen die Farben; kamen aber wieder, wenn er die Gläser aufs neue wieder rieb, und dauerten so lange, bis diese an zu schmelzen fiengen.

Versuche mit Talg zwischen den Gläsern.

Weil er aus der Aehnlichkeit seiner Versuche und der Newtonianischen schloß, daß die Farben von der verschiedenen Dicke irgend einer zwischen den Gläsern befindlichen Materie herrühreten, so machte er mit etwas dickern Materien eine Probe. Er legte eine, etwa ein Viertheil einer Linie dicke Kugel von Talg zwischen die Gläser, welche er erwärmete, um das Talg aus einander fließen zu machen; allein er konnte so wenig hiemit, als mit andern weichen Substanzen, Farben hervorbringen. Da er aber die Gläser stärker in die Runde gegen einander rieb, und darauf nach einer Lichtflamme durch sie sahe, fand er diese mit zween oder drey concentrischen ziemlich breiten Ringen umgeben, die sehr lebhafte und saubere Farben, nämlich ein ins Gelbe fallendes Roth und ein smaragdenes Grün hatten. Als er die Gläser noch mehr gerieben hatte, entstanden noch mehrere Farben, Blau, Gelb und Violet, an den Ringen, insbesondere wenn er durch die Gläser Körper, die gerade zu von der Sonne erleuchtet waren, betrachtete. Als durch mehreres Reiben das Talg sehr vertrieben war, wurden die von dem durchgelassenen Lichte entstandenen Farben schwächer, dagegen die von dem zurückgeworfenen Lichte gemachten lebhäfter wurden.

Statt Talges nahm er auch Siegellak, Harz, Wachs und den Bodensatz von Urin. Mit dem ersten setzete es viel Schwierigkeit, es durch das Reiben hinlänglich

b) Musschenbroeks hernach anzuführende Versuche besagen das Gegentheil. K.)

lich dünne zu machen, dabey er seine Gläser zum öftern erwärmen, und, nicht ohne Gefahr, seine Finger zu verbrennen, den Augenblick, da es flüßig ward, welches nicht lange dauerte, wahrnehmen mußte. Da ihm endlich der Versuch mit dem Siegellacke glückte, erschien es durch zurückgeworfenes Licht undurchsichtig mit seiner gewöhnlichen Farbe, allein bey durchgehendem Lichte nahm er dieselben Ringe, wie an dem Talge wahr, so wie er überhaupt an den Farben des Talges, Siegellackes, Wachses und Harzes wenig Unterschied entdecken konnte: außer daß das letztere nicht so lebhafte Farben erzeugete, weil seine Theilchen zu durchsichtig sind. Der Bodensatz vom Urin brachte lebhaftere Farben hervor. Wie er die Gläser damit über einer Lichtflamme hielte, verschwanden die Farben, und es entstanden ästige Figuren, wie Reif gestaltet, (dergleichen aber nicht so deutlich und stark hatten sich auch an dem Talge und Siegellacke gezeiget) welche sich wieder verlohren, da die Gläser kalt wurden.

Farben von anhängenden Dünsten.

Zu versuchen, was Dünste für Wirkung thäten, hauchete er eine seiner Glasplatten an, und es entstand von den ans Glas sich anhängenden Dünsten, ehe sie sich gänzlich verlohren, bisweilen eine Menge sehr abwechselnder Farben. Allemal glücket aber dieser Versuch nicht sogleich. Man muß mehrmals auf das Glas hauchen, und nicht vergessen, es jedesmal mit der Hand abzuwischen, sowohl um die Feuchtigkeit wegzunehmen, die sonst die Dünste feste halten möchte, als auch auf dem Glase gleichsam Furchen zu machen, welche den Farben dadurch, daß sie die Dünste ungleich dicke machen, noch mehr Abwechselungen zu geben dienen. Das Glas muß nicht mit Quecksilber beleget seyn. Waren die Wassertheilchen, woraus dieser Dunst bestand, zu dicke, als daß sie Farben hervorbringen konnten, so zertheilete er sie mit einem Pinsel, worauf er unzählig viel bunte Fäden erblickete, die sehr schnelle auf einander folgeten.

Erscheinungen eines Wassertropfens zwischen den Gläsern.

Er brachte einen Wassertropfen zwischen zwey Stücke gemeinen Glases, und konnte zwar durchs Zusammendrücken keine Farben hervorbringen, wogegen er aber, wenn er den Wassertropfen von einem Orte zum andern sich bewegen ließ, wahrnahm, daß auf dem Wege, den er genommen, große Flecken von rother, gelber, grüner, purpurner ꝛc. Farbe entstanden, die mit erstaunender Geschwindigkeit sich veränderten und dem Auge die schönste Abwechselung von Schattirungen darstellten.

Dünste machen die Farben matt.

Sich völlig zu versichern, ob auch Dünste die Farben bey seinen ersten Versuchen hervorgebracht hätten, hauchte er vorher eine seiner Glasplatten an, ehe er sie an einander riebe, worauf die Farben in derselben Ordnung, wie vorher erschienen, aber dunkler und unordentlich an den von den Dünsten eingenommenen Stellen zerstreuet waren. Sie bekamen ihren vorigen Glanz, als er die wässerichten Theile durch Hitze vertrieb.

Ob zwischen den Gläsern befindliches Wasser Farben erzeuge.

Newton hatte zwischen seine Objectivgläser einen Wassertropfen gebracht, und beobachtet, daß, so wie das Wasser zwischen die Gläser eindrang, die Farben matter, und die Ringe enger wurden; und weil er diese Farben von der Dicke des Wasserscheibchens, so wie die erstern von der Dicke des Luftscheibchens herleitete,

die

die Durchmesser der farbichten Ringe an dem Wasser gemessen, und daraus berechnet, daß die Zwischenweiten der Gläser bey ähnlichen Ringen für diese beyden Mittel nächstens wie drey zu vier sich verhielten, und daraus den Schluß gezogen, es verhielten sich für andere Mittel diese Zwischenweiten wie die Brechungssinus aus diesen Mitteln in die Luft. c)

Ob zwischen den Gläsern befindliches Wasser Farben erzeuge.

Um sich zu versichern, ob solchergestalt die farbichten Ringe seiner Gläser bloß von der Dicke des Wassers abhiengen, tauchte Mazeas sie mit einem Rande in Wasser, nachdem er sie, ehe er die Farben durch Reiben hervorbrachte, wohl abgewischet und erwärmet hatte. Das Wasser brauchte eine ziemliche Zeit in die Höhe zu steigen, und so wie es heraufstieg, nahm er ein sehr dünnes Wasserscheibchen wahr, das über der Materie, die, seiner Meinung nach, die Farben hervorbrachte, ohne sich damit zu vermischen, fortlief. Denn über diesem Wasserscheibchen hinaus sahe er die Farben noch immer an derselben Stelle und in einerley Ordnung, nur daß sie tiefer und dunkler waren; und da er die Gläser über einer Lichtflamme hielte, sahe er sie verschwinden und wieder kommen, so wie er die Flamme näherte oder entfernte. Darauf befeuchtete er die Gläser noch stärker als vorher, rieb sie wie gewöhnlich gegen einander, und sahe immer die gleiche Erscheinung; auch fand er, wenn er die Gläser in dem Augenblicke, da die Farben verschwunden waren, von einander sonderte, daß sie immer naß waren. Deswegen glaubte er, die Farben könnten nicht von dem Wasser, sondern müßten von einer andern durch die Hitze empfindlichern Materie, herrühren. Auch hielt er dafür, diese farbichten Ringe entstehen nicht von der Zusammenpressung der Gläser, oder wenn hierauf ja was ankomme, sey es nur in Absicht auf die Modification, nicht auf die Hervorbringung der Farben. d)

Beobachtungen des du Tour.

Diese Versuche des Abbe' Mazeas wurden von dem Herrn du Tour aufs neue mit einigen Veränderungen gemacht. Gegen Newton bemerket er, daß ein Luftscheibchen so wenig zur Hervorbringung farbichter Ringe nöthig ist, daß vielmehr eben die Luft es ist, welche die Erscheinung derselben an den flachen Gläsern verhindert, weil sie sich an ihren Oberflächen anhängt, und sich bloß durch Zusammendrücken nicht vertreiben läßt: es sey denn, daß an einer Stelle schon vorher Farben sich gezeiget haben, in welchem Falle sie, durch das Auflegen, ohne Reiben sich hervorbringen lassen, weil die Luft alsdenn vermuthlich nicht die Zeit hat, sich feste genug an das Glas zu hängen. Andere Materien sind, wie er fand, durch die Berührung mit dem Glase dem Versuche nicht so hinderlich. Denn wenn er die Gläser mit irgend einer Fettigkeit ganz dünne überstrich, entstanden die Ringe ohne Reiben, wie auch, wenn er sie gelinde in Wasser tauchte, oder mit seinem Finger abwischte. Diese Muthmaßung bestätigte er durch folgende Erfahrung. Er tauchte zwo Glasplatten, deren eine abgewischet war, die andere nicht, ins Wasser, brachte sie unter einen Recipienten, und fand, daß nach ausgepumpter Luft, an der letzten sich Bläschen zeigten, an der ersten aber nicht,

c) S. den 1. Th. dieser Uebers. S. 213. d) Memoires presentés, vol. 2. p. 43.

Wenn eines von den Gläsern erhaben ist, so möge, saget er, die Luft durch den bloßen Druck sich herausziehen können, welches aber nicht angehe, wenn ihr zwischen zwo flachen Glasplatten alle Auswege benommen sind. Die Luftpumpe, findet er, kann die an der Oberfläche eines Körpers liegenden Lufttheilchen nicht wegbringen, weil die Glasplatten, die er unter einem luftleeren Recipienten eine ziemliche Zeit hatte liegen lassen, dadurch zu dem Versuche nicht so tauglich wurden als durch Abwischen e).

Musschenbroeks Beobachtungen.

Musschenbroek beobachtete, daß, wenn ein großer Tropfe Weingeist auf ein Objectivglas gethan, und alsdenn ein anderes darauf geleget wird, und beyde an zwo entgegengesetzten Stellen mit zween Fingern stark an einander gedrücket werden, der Tropfe sich sehr in die Runde ausbreite; daß ferner, wenn man die Gläser gegen den Horizont neiget, und den Druck der öbern Finger nachläßt, hingegen den Druck der untern verstärket, der Weingeist, der nach den engern Stellen stärker herabgezogen wird, ohne doch sich von den einmal benetzten Stellen gänzlich wegzuziehen, mehrere sehr breite farbichte Ringe, drey Zoll im Durchmesser groß, zurücke lasse. Von diesen Ringen war keine Spur zu sehen, wie der Tropfe in der Mitte zwischen den Gläsern war. So wie der Druck der öbern und untern Finger verändert ward, zeigeten sich mehrere Ringe. Dergleichen breite und große farbichte Ringe entstehen auch, saget er, wenn schwarze Seifenlauge zwischen die öbern Ränder der Linsen gegossen wird, und wenn man, nachdem dieselbe um die Mitte der Gläser sich verbreitet hat, den Druck der öbern und untern Finger mit einander abwechseln läßt. Alsdenn kommen da, wo die Linsen weiter von einander abstehen, an der Seifenlauge, die sich an den Glasflächen anfängt, Ringe hervor, und die übrige Lauge fließt nach den engern Stellen hin.

An Objectivgläsern von 100 Fuß Brennweite ereignet es sich bisweilen, daß, wenn sie lange trocken gelegen haben, keine Farben daran entstehen wollen, wenn sie auf einander geleget werden, auch dann noch nicht, wenn man sie mit reiner trockener Leinewand abwischet. Werden sie alsdenn aber mit Weingeiste tüchtig gereiniget und abgewischet, so kommen die Farben an dem Berührungspuncte hervor. Die Ursache suchet er in dem Schmutze der Luft, der sich mit der Zeit daran setzet; wozu kommen mag, daß die Salze, welche zu dem Glase genommen werden, etwas verwittern, und fast unmerkliche Flecken machen, daher also die Glasflächen rauh werden, und sich nicht dichte genug an einander fügen, ein Umstand, der durch das Abwaschen und Abwischen gehoben wird. Woher übrigens die farbichten Ringe entstehen mögen, saget er, sey noch gar nicht ins Klare gesetzet f).

Die

e) Memoires presentés, vol. 4. p. 289.

f) Introductio ad phil. nat. vol. 2. p. 738. (Die Art, wie Musschenbroek seine Versuche mit flachen Glasplatten gemachet hat, geht noch etwas von des Abbe' Mazeas seiner ab. Er wusch sie mit rectificirtem Weingeiste ab, rieb sie mit warmer Wolle, wärmte sie auf reinem Kohlenfeuer, legte sie eine auf die andere, daß Rand auf Rand kam, drückete die obere stark gegen die untere, und rieb sie gegen diese. So entstunden allerhand hart an einander liegende bunte Streifen, über die ganze Oberfläche hin, meistentheils purpurfärbig und grün, von

Die Herren **Boscovich** und **Benvenuti** haben die Erscheinungen an dünnen sowohl als an dicken Scheibchen in einigen mit vielem Fleiße ausgearbeiteten Abhandlungen, die unter dem Namen des letztern herausgekommen sind, zu erklären gesuchet. Weil sie aber keine andere, als die von Newton beobachteten Erscheinungen in Erwägung ziehen, dem doch verschiedene merkwürdige Umstände entgangen sind, so will ich den Leser mit ihren sehr verwickelten Rechnungen hierüber nicht ermüden.

Was Boscovich und Benvenuti hierinn geleistet.

Es ist in der fünften Periode dieser Geschichte erzählet, daß Newton die von dicken Scheibchen verursachten Farben auf eine ähnliche Art erklären zu können geglaubet hat, wie die von dünnen Scheibchen entstandenen, besonders in den sinnreichen Versuchen, da er einen Lichtstrahl durch einen Pappbogen auf einen gläsernen Hohlspiegel fallen, und wieder auf ihn zurückprellen ließ, dadurch auf der Pappe farbichte Ringe sich zeigten. Diese Versuche wurden von dem **Duc de Chaulnes** mit gutem Erfolge wiederholet. Er erklärete diese Farben aus der Brechung des Lichtes.

Des Duc de Chaulnes Versuche mit Glasspiegeln.

Zufälliger Weise bemerkte dieser Herr, daß wenn der gläserne Spiegel durch Anhauchen trübe gemacht war, ein weißes zerstreutes und lebhaftes Licht sich über den Pappbogen ausbreitete, und daß die Farben der Ringe stärker und deutlicher wurden. Damit diese Erscheinung von Dauer wäre, befeuchtete er die Oberfläche mit Milch und Wasser, welches er darauf trocken werden ließ.

In allen seinen hierüber angestellten Versuchen fand er, daß, wenn die Strahlen zusammenlaufend auf die Fläche des Spiegels fielen, die Farbenringe kaum zu erkennen waren; fielen sie parallel darauf, wie sie es in Newtons Versuchen gethan haben müssen, g) so waren sie deutlich genug; am lebhaftesten wurden sie, wenn er vermittelst eines in der Oeffnung des Fensters angebrachten Converglases, sie nach dem Mittelpuncte der Kugel, aus welcher der Spiegel geschliffen war, hinleitete, so daß sie senkrecht auf den Spiegel fielen. Alsdenn konnte er das durch die Zurückwerfung entstandene Bild weit von dem Loche h) entfernen, ohne daß die Ringe

von verschiedener Breite und von unordentlicher Gestalt, die desto mehr in die Augen fielen, je schiefer man die Gläser ansah. Diese Platten drückete er mit drey oder vier Schrauben an den Ecken, auch wohl mit einer fünften in der Mitte zusammen. Um die Stellen, wo die Gläser angedrücket waren, erschienen kreisrunde Ringe. Wurden darauf die Platten über Torfkohlen heiß gemachet, so erstrecketen sich die farbichten Streifen bis in die Mitte der Platten, und machten oft Figuren, wie die Fasern tannener Bretter mit rundlichten Stellen wie diese. Je heißer die Platten wurden, desto besser nahmen sich die Farben aus, ohne daß einige verschwanden. Selbst da die eine Platte von der Hitze zersprang, blieben die krausen Streifen an dem Bruche hin. Wenn die Platten wieder kalt wurden, veränderten die Streifen ihre Figur, wurden schmaler und matter von Farbe, vergiengen aber doch nicht. Nach zwey Jahren waren die Farben noch nicht vergangen. Was Mazeas anführet, daß die Farben, wenn die Glasplatten erhitzet worden, sich von der Mitte nach dem Rande zu begeben, und daselbst ganz feine Linien gemachet, saget Mußchenbroek, habe er nie bemerket. K.

g) Die von verschiedenen Puncten der Sonne herkommenden Strahlen waren doch divergent. K.

h) Soll vermuthlich heißen von dem Spiegel. K.

Ringe darum verschwanden, und er sahe ganz deutlich, wie sie aus ihren Centralflecken, die ihre Farben einigemal veränderten, entstanden.

Das Ereigniß bey dem Anlaufen des Spiegels überzeugete den **Dûc de Chaulnes**, es müßten die farbichten Ringe durch die Vorderfläche erzeuget werden, und die Hinterfläche, welche die durchgegangenen Strahlen zurückwirft, diene nur dazu, die Strahlen zu sammeln, und sie in hinlänglicher Menge auf die Pappe zu werfen, um die Ringe sichtbar genug zu machen. Folgende Versuche bestärkten ihn in dieser Meinung.

Er nahm ein Planconvexglas, von sechs Fuß Brennweite, stellte es sechs Fuß von der Pappe, mit seiner erhabenen Seite nach derselben hingekehret. Solchergestalt wurden die Strahlen durch die Vorderfläche parallel mit einander gemachet, daß sie senkrecht auf die Hinterfläche fielen, welche sie wieder so zurückwarf, daß sie sich auf der Pappe vereinigten. Unter diesen Umständen erschienen die Ringe sehr deutlich, wenn er vorher die erhabene, dem Lichte zugekehrte Seite anlaufen ließ.

Da er aber das Glas umkehrete, daß die ebene Fläche desselben der Pappe zugewandt war, konnte er in der Entfernung von sechs Fuß keine Ringe erblicken, wohl aber in der Entfernung von drey Fuß, weil die Hinterfläche von ihrer hohlen Seite auf diese Weite die Strahlen nach der Pappe hin vereinigte.

Aus diesen beyden Versuchen erhellet, wozu die zweyte Fläche des Spiegels dienet, und wie sie am vortheilhaftesten zu stellen ist. Die folgenden zeigen, in wie ferne es auf die Vorderfläche bey diesen Ringen ankömmt.

Newton hatte, saget er, bemerket, daß, wie er einen Spiegel von gleicher Brennweite mit dem ersten, aber zweymal so dick, brauchte, die Ringe viel kleiner im Durchmesser als vorher wurden. Hieraus zog der Dûc eine Bestätigung seiner Gedanken, weil, wenn die Ringe von der Vorderfläche herrühren, sie desto breiter werden müssen, je näher diese Fläche der hintern kömmt, welche nichts thut, als die von der Vorderfläche zurückgelassenen zurückwerfen.

Noch andere mit einem metallenen Spiegel.

Hievon sich zu versichern, erdachte er eine Einrichtung von zwo beweglichen Flächen, verbunden mit einem Mikrometer, die Entfernung beyder Flächen auf das genaueste zu messen. Er nahm nämlich einen metallenen Spiegel aus einem reflectirenden Teleskope, der aus einer Kugel von zehn Fuß im Halbmesser geschliffen war, befestigte ihn auf einem Fußgestelle, das einen Schieber hatte, welcher einen leichten Rahmen trug, worinn ein dünnes mit Milch und Wasser trübe gemachtes Scheibchen Talg befestiget war. Der Rahmen mit dem Scheibchen Talg konnte entweder hart an den Spiegel gebracht, oder auf acht bis neun Zoll davon entfernet werden, und das Mikrometer zeigte die kleinste Bewegung desselben auf das genaueste.

Als er den Spiegel zehn Fuß von der Pappe, also in der Weite des Halbmessers seiner Kugelfläche, gestellet hatte, zeigten sich die Ringe ihm sehr deutlich, weil sein Spiegel sehr genau geschliffen war; allein die Durchmesser der Ringe veränderten sich mit der Entfernung des Talgscheibchens vom Spiegel, und waren.

ren sehr groß, wenn es dem Spiegel sehr nahe war, hingegen sehr klein, wenn es bis auf sieben oder acht Zoll abgerückt ward.

Hieraus erhellte nun zwar, daß die Ringe von der vördern Fläche hervorgebracht, und von der hintern zurückgeworfen wurden; aber es blieb noch die Art, wie dieses geschehe, zu erklären übrig. Er kam auf den Gedanken, daß die kleinen Strahlencylinder bey dem Durchgange durch die Zwischenräumchen des durchsichtigen Mittels eine Art von Beugung erleiden möchten, wodurch die cylindrische Figur des Strahles in eine conische verwandelt würde. Darum dachte er darauf, wie er einen Körper mit Zwischenräumchen von einer bestimmten und bekannten Gestalt statt des Talges erhalten könnte, und spannte ein Stück feinen Musselins so glatt als möglich in obengedachten Rahmen. Er fand auch, zu seinem großen Vergnügen, seine Muthmaßung bestätiget; denn die kreisrunden Ringe hatten sich nun in Quadrate verwandelt, deren Winkel nur ein wenig abgerundet waren. Sie waren so wie jene gefärbet, nur daß wegen des von dem Musselin aufgefangenen Lichtes ihr Glanz sich vermindert hatte.

Wie er statt des Musselins Silberfaden, dreyviertel oder eine ganze Linie weit von einander genau parallel in den Rahmen zog, ohne Querfäden darüber zu legen, so war anstatt der Ringe, die sich vorher gezeiget hatten, nichts als ein Schein eines weißlichten Lichtes zu sehen, durch welches allerhand lebhafte gefärbte Streifen liefen, die in derselben Ordnung wie die Ringe auf einander folgeten.

Endlich, um den Versuch noch einfacher, und den Newtonianischen Versuchen von der Beugung des Lichtes gleichförmiger zu machen, stellete er statt des obigen Rahmens bloß eine Messerschneide vor dem Spiegel, worauf dieselben Erscheinungen wie bey den Silberfaden sich zeigeten, außer daß das Licht weit schwächer, aber doch noch hinlänglich stark war, um die Uebereinkunft beyderley Wirkungen daraus folgern zu können.

Was die meiste Schwierigkeit bey den Versuchen des Duc de Chaulnes machet, ist, zu erklären, wie das Anlaufen der Vorderfläche die Farben so viel lebhafter, und die Anzahl der Ringe größer machen konnte. Er stellete sich vor, erstlich, daß dadurch ein Theil des Lichtes, welches von der Vorderfläche sonst zurücke geworfen wäre, und den Glanz der Ringe geschwächet haben würde, zerstreuet sey; zweytens, daß durch die Wassertheilchen, durch die Milchkügelchen, oder auf eine andere ähnliche Art, eine größere Anzahl regelmäßiger Zwischenräumchen entstanden seyn möge [i].

Sechster Abschnitt.

Beobachtungen und Entdeckungen die Beugung des Lichtes betreffend.

Dieselbe Kraft, vermöge welcher das auf Körper wirklich fallende Licht entweder zurückgeworfen oder hineinwärts gebrochen wird, äußert ihre Wirkung auch an dem sehr nahe bey Körpern vorbey gehenden Lichte, indem einige Strahlen dadurch

i) Mem. de l'Acad. de Paris, 1755. p. 201 seqq.

dadurch von dem Körper abwärts, wie bey der Zurückwerfung, andere nach dem Körper hin, wie bisweilen bey der Brechung, gebogen werden. Newtons Versuche beziehen sich auf beyde Arten der Beugung; und hätte er seine Untersuchungen darüber, so wie er es sich vorgenommen zu haben scheint, fortgesetzet, so würde er vermuthlich ihre vereinten Wirkungen bemerket und verglichen haben. Da sie aber abgebrochen sind, so muß man denjenigen scharfsinnigen Ausländern Dank wissen, die über die Beugung des Lichtes Versuche angestellet haben, durch deren Vergleichung mit den Newtonianischen Versuchen, wenn man sie dabey in einigen Umständen noch ein wenig veränderte, die Sache ziemlich scheint ins Licht gesetzet werden zu können.

Maraldis Versuche von der Beugung des Lichtes.

Der erste, der nach Newton die Beugung des Lichtes zu untersuchen vornahm, ist **Maraldi**, dessen Versuche sich hauptsächlich auf die Beugung des Lichtes nach den Körpern hin beziehen. Seine Beobachtungen verdienen es wohl, dem Leser vorgeleget zu werden [a]).

An hölzernen Cylindern.

Er hielt einen 3 Fuß langen, und $6\frac{1}{2}$ Linien dicken hölzernen Cylinder in das Sonnenlicht, und fieng mit einem Papiere ganz nahe an demselben dessen Schatten auf. Dieser war allenthalben gleich schwarz und wohl begränzet, blieb auch so bis auf eine Entfernung von 23 Zoll von dem Cylinder. In einer größern Entfernung ward der Schatten ungleich schwarz; denn an seinen beyden mit der Länge des Cylinders parallelen Seiten entstanden zwey, etwas über eine Linie breite, schwarze Striche. Zwischen diesen schwarzen Strichen zeigete sich ein schwaches über dem Schatten gleichförmig verbreitetes Licht, eine Art von gleichförmigen Halbschatten, der weit heller als die schwarzen Streifen an den Rändern des Schattens, oder als derjenige Schatten war, wie er nahe an dem Papiere erschien. Eine Abzeichnung liefert die fig. 80.

fig. 80.

In einer noch größern Entfernung des Papieres von dem Cylinder behielten die beyden schwarzen Striche fast dieselbe Breite und gleichen Grad der Schwärze, aber der Halbschatten zwischen ihnen ward heller und schmäler, bis daß in einer Entfernung von 60 Zoll er ganz verschwand, und die beyden schwarzen Striche an der Gränze des Schattens in einander fielen. In einer noch größern Entfernung zeigete sich wieder ein schwacher, aber undeutlich begränzter Halbschatten, dessen Breite mit der Entfernung vom Cylinder zunahm, und der noch in einer großen Weite merklich war.

Neben dem tiefschwarzen Schatten, wie er sich zeigete, wenn das Papier dem Cylinder nahe war, war noch auswärts ein schwacher schmaler Halbschatten zu sehen. Und an den äußern Seiten desselben lief ein lichter Strich herunter, der heller als der übrige Theil des Papieres erleuchtet war.

Dieser äußere Halbschatten ward breiter, wenn das Papier weiter abgerücket ward; der helle Strich an der Außenseite ward alsdenn auch breiter, verlohr aber am Glanze.

Diese

a) Mem. de l'Acad. de Paris, 1723. p. 157. suiv.

Diese Versuche wiederholete Maraldi mit drey andern Cylindern von verschiedener Dicke, und folgerte daraus, daß jeder undurchsichtige cylindrische Körper, in das Sonnenlicht gehalten, einen ungemischten schwarzen Schatten bis auf eine Entfernung wirft, die 38 bis 45mal seine Dicke enthält, worauf in noch größern Weiten der Schatten in der Mitte helle zu werden anfängt, wie es erst beschrieben ist.

Seine Erklärung.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen nimmt unser Verfasser an, daß die nahe bey dem Körper vorbeyfahrenden Strahlen nach demselben hin gebogen werden, und so in einer gewissen Entfernung des Schattens ihn erleuchten, den Rand ausgenommen, der so bleibt, wie er war. Einige Strahlen werden aber auch von dem Körper abwärts gebogen, und diese sind es, welche das Licht außen an dem Schatten hervorbringen, so wie sie auch zur allmähligen Abnahme desselben etwas beytragen mögen; wiewohl diese hauptsächlich daher bekanntermaßen entsteht, daß auf den Halbschatten nur von einem Theile der Sonnenscheibe Licht fällt.

Versuche mit Kugeln.

Eben diese Versuche stellete er auch mit Kugeln von allerhand Durchmessern an, fand aber, daß bey diesen der Schatten in einer größern Weite als ihr Durchmesser funfzehnmal genommen, nicht mehr völlig schwarz zu sehen war, da die Cylinder um 41mal ihren Durchmesser hatten entfernet werden müssen. Er erklärete dies daher, daß das Licht rings um die ganze Kugel herum, und folglich in einer solchen Menge gebogen wird, daß der Schatten daher eher als bey den Cylindern sich zertheilet. Uebrigens zeigte sich in allen Fällen der von dem gebogenen Lichte erleuchtete Halbschatten desto eher, je stärker das Sonnenlicht war, weil alsdenn mehr Licht dahin gebogen ward.

Ob durch die Beugung Licht auf den ganz verfinsterten Mond fällt.

Durch die Vergleichung der Umstände bey diesen Versuchen, und der Erscheinungen des Mondes in Finsternissen, gerieth er auf den Gedanken, daß ein Theil des Lichtes, welches den Mond alsdenn sichtbar machet, gebogenes Licht seyn möge, obgleich das durch die Atmossphäre gebrochene so stark seyn mag, daß einige der oben erzählten, von dem gebogenen Lichte ganz allein verursachten Erscheinungen dadurch völlig unmerklich gemachet werden. Aber Maraldi sollte bedacht haben, daß weil kein Licht gebogen wird, das nicht sehr nahe an dem Körper, vielleicht nur $\frac{1}{40}$ eines Zolles weit [b]), vorbeyfährt, die Ursache viel zu klein gegen die hervorzubringende Wirkung ist.

Versuche von der Beugung im dunkeln Zimmer.

Da er solchergestalt die Wirkungen der Beugung des Lichtes in freyem Sonnenlichte gesehen hatte, ward er dadurch bewogen, die Grimaldischen und Newtonianischen in einem verfinsterten Zimmer angestellten Versuche zu wiederholen. Dabey sahe er nicht allein den breitern Schatten eines Haares oder einer feinen Nadel, den hellen Lichtschein an den Seiten des Schattens, und die drey farbichten Streifen an diesem Lichtscheine, wenn der Schatten beträchtlich weit von dem Haare entfernet war, sondern auch, daß der schwarze Hauptschatten in der Mitte etwas Licht enthielt, und nicht gleichförmig schwarz war, wenn man ihn nicht sehr nahe bey dem Körper auffieng.

Man

b) Soll etwa $\frac{1}{400}$ Zoll heißen. K.

Man sieht, daß diese neue Erscheinung genau mit denjenigen übereinkömmt, die unser Verfasser in freyem Sonnenlichte beobachtet hatte; folgende Beobachtungen sind aber doch noch merkwürdiger, wenn sie gleich mit jenen von einerley Art sind.

Er stellete in einem verfinsterten Zimmer, in welches ein Sonnenstrahl durch ein kleines Loch fiel, neun Fuß von diesem Loche eine Schweinsborste, deren Schatten er in einer Weite von fünf bis sechs Fuß auffieng. Dieser bestand aus verschiedenen hellen und dunkeln Strichen, hatte in der Mitte einen schwachen Schatten, oder vielmehr eine Art von Halbschatten, an welchen ein schwärzerer Schatten gränzte, auf den zuerst ein schmälerer Halbschatten und darauf ein heller Strich, breiter als der schwarze Schatten folgete. Auf diesen hellen Strich folgeten die roth, violet und blau gefärbten, wie an dem Schatten eines Haares.

Dergleichen Versuche stellete er auch mit allerhand Nadeln an, wobey sich so mancherley Erscheinungen zeigeten, daß er es zu weitläuftig fand, sie einzeln zu erzählen, sondern dafür die mit zwey Platten gemachten Erfahrungen, die zur Erklärung der mit runden Körpern gemachten Versuche dienen, umständlicher vorträgt.

Beugung an schmalen Platten.

In den Sonnenstrahl, der in ein verfinstertes Zimmer durch ein kleines Loch fiel, hielt er eine Platte, die zween Zoll lang, und ein wenig über eine halbe Linie breit war, in einer Entfernung von neun Fuß von dem Loche, senkrecht auf die Sonnenstrahlen. Da der Schatten sehr nahe bey den Platten aufgefangen ward, zeigete sich ein schwaches Licht auf demselben zerstreuet; und in einer Weite von dritthalb Fuß zertheilete sich der Schatten in vier sehr schmale schwarze Streifen, mit eben so schmalen hellen Zwischenräumen. Der Schatten hatte auf jeder Seite einen Halbschatten, mit einem sehr hellen Rande, worauf die roth, violet und blaugefärbten Striche, wie vorher, folgeten, wie man fig. 81 abgebildet sieht.

fig. 81.

In einer Weite von $4\frac{1}{2}$ Fuß von der Platte theilete sich der Schatten bloß in zween Streifen, weil die beyden äußersten verschwunden waren, dagegen waren die beyden übrig gebliebenen breiter als vorher, und durch einen zweymal so breiten hellen Schatten, als in dem vorhergehenden Falle, von einander abgesondert. Dieser in der Mitte liegende Halbschatten war ein wenig röthlich. Auf die beyden schwarzen Streifen folgete ein ziemlich starker Halbschatten, der von den zween hellen Streifen begränzet war, die nun breit und glänzend waren, nach welchen ferner die farbichten Striche kamen.

fig. 82.

Eine zwote Platte, die zween Zoll lang, eine Linie breit war, wurde von dem Loche, wodurch die Sonnenstrahlen fielen, 14 Fuß, entfernet. Ihr Schatten war nahe bey der Platte von einem schwachen, gleichförmig zerstreueten Lichte erleuchtet, wie in jenem Falle. Aber in einer Entfernung von 13 Fuß von der Platte fiengen sechs kleine schwarze Streifen an sich zu zeigen, wie in fig. 83. Siebenzehn Fuß weit wurden diese schwarzen Streifen breiter, deutlicher, und von den andern zwischen ihnen liegenden nicht so schwarzen Streifen besser abgesondert. In einer Weite von 42 Fuß von der Platte blieben nur zween schwarze Streifen zwischen einem

fig. 83.

nem Halbschatten. (fig. 84.) Der Halbschatten zwischen ihnen war röthlich. Auf den äußern Halbschatten folgten allemal auf jeder Seite die Lichtstreifen, die breit waren, nebst den bunten Strichen. In einer Weite von 72 Fuß zeigete sich weiter kein Unterschied, als daß die beyden schwarzen Streifen breiter waren; desgleichen war auch der Halbschatten zwischen ihnen breiter und röthlicher als vorher.

fig. 84.

Als er breitere Platten, von $1\frac{1}{2}$, 2, 3 Linien Breite, nahm, konnte er in ihren Schatten die schwachen Lichtstreifen nicht entdecken, die er an den Schatten jener schmälern Platten wahrgenommen hatte, ob er gleich diese Schatten in einer Weite von 56 Fuß auffieng; sondern es war nur ein schwaches, gleichförmig verbreitetes Licht zu sehen, wie an dem Schatten der schmalen Platten, wenn er nahe an ihnen aufgefangen ward. Er zweifelt aber nicht, wenn man ein hinlänglich großes dunkles Zimmer hätte, daß man an den Schatten der breitern Platten eben dasselbe wahrnehmen würde, was man an den Schatten der schmälesten sieht.

Erklärung derselben.

Die Lichtstreifen in diesen Schatten leitet unser Verfasser von den Strahlen her, die in verschiedenen Entfernungen von dem Körper gebogen werden, und glaubet, daß das Kreuzen derselben mit einander alle die Abwechselungen in verschiedenen Entfernungen zu erklären hinlänglich sey. Die außerordentliche Größe des Schattens dieser kleinen Körper entsteht nach ihm von dem Schatten, der zu dem Lichte des Himmels gehöret, und noch außer dem Sonnenschatten vorhanden ist; dabey nimmt er auch noch einen Wirbel des gebogenen Lichtes hinter dem schattenden Körper an, wie die Wirbel des Wassers hinter einem Brückenpfeiler. Allein man wird wohl so wenig verlangen, daß ich alle seine Gründe anführen, als daß ich sie widerlegen soll.

Noch andere Versuche dieser Art.

Maraldi hatte auch den Einfall, zween lange dünne Körper kreuzweise über einander in den Sonnenstrahl in einem verfinsterten Zimmer zu halten. Die Schatten zweyer so gelegter Haare, welche er in einiger Entfernung auffieng, schienen einer über dem andern gemalet zu seyn, so daß der dunkle Theil des einen auf dem dunkeln Theile des andern zu sehen war. Die hellen Streifen sowohl als die bunten, macheten es eben so. Er hielt eine Schweinsborste und eine eiserne eine Linie breite Platte kreuzweise über einander, und es liefen von der Seite, wo die spitzen Durchschneidungswinkel waren, die hellen und dunkeln Streifen des Schattens von der Borste bis mitten in den Schatten der Platte nach der Breite hinein; aber von der Seite der stumpfen Winkel konnte man nicht sehen, daß sie hineinliefen, es mochte nun die Platte oder die Borste vorne nach den Strahlen hin liegen. Die Platte machete einen ziemlich schwarzen Schatten, mit sechs dunkeln Streifen und fünf hellern dazwischen, so daß man auf diesem Schatten alle hellen und dunkeln Theile des Schattens von der Borste ganz deutlich erkennen konnte. Maraldi glaubet, aber unwahrscheinlicher Weise, daß die Strahlen längst der Borste herunter gleiten, und etwas von dem Raume hinter der Platte erleuchten.

fig. 85.

Er hielt auch Kugeln in das Sonnenlicht in seinem verfinsterten Zimmer, und sahe wiederum in ihrem Schatten in der Mitte einen hellen Kreis, um denselben zween schwarze Ringe, mit einem Halbschatten dazwischen, um diese einen hellen

Ring, und darauf die drey bunten Linien. Offenbar hatten die Schatten der Kugeln mehr Licht als die von Cylindern, nicht allein, wenn sie gleiche Durchmesser hatten, sondern wenn auch die Kugel dicker als der Cylinder war. Da er auch keine Scheidung des Lichtes und des Schattens an den Schatten solcher Platten, die etwas über eine Linie breit waren, hatte bemerken können, wenn er sie gleich 72 Fuß weit von der Platte aufgefangen hatte, so konnte er doch in dieser Weite an den Schatten solcher Kugeln, die noch über 2 Linien breit waren, eine Verschiedenheit der Schwärze erkennen.

Er stellete auch, in der Absicht, die Farben an dem Rande der Schatten zu erklären, Versuche an, in welchen er mehrere Schatten in einander hineinfallen ließ. Wenn solchergestalt einerley Farben auf einander fielen, so wurden sie lebhafter; fiel der helle Streifen in dem Schatten einer Nadel auf den äußern Halbschatten einer andern Nadel, so entstund ein schönes Himmelblau; fiel er aber auf den dunklern Schatten in der Mitte, so entstund eine rothe Farbe.

Er stellete zwo eiserne Platten, drey oder vier Linien breit, sehr nahe an einander in das Sonnenlicht. Zwischen ihren Schatten, in einer Weite von 2 Fuß von den Platten, war kein Licht, sondern die Schatten liefen zusammen; es zeigeten sich aber in ihrer Mitte vier lebhafte purpurfärbige Striche, die mit einander parallel und durch schwarze Striche abgesondert waren. Zwischen den purpurnen und schwarzen Strichen waren noch blaßgrüne und blaßgelbe Striche enthalten.

Beugung mit der Zurückwerfung verbunden.

Zum Schlusse erzählet unser Verfasser einen Versuch, den er den Grimaldi abgeborget hat. Er ließ in ein verfinstertes Zimmer durch eine Oeffnung von der Weite eines halben Zolles einen Sonnenstrahl fallen, in welchen er etwa 8 Fuß weit von der Oeffnung einen hölzernen oder kupfernen Cylinder, von der Dicke eines Zolles solchergestalt hielt, daß bloß ein Theil des Lichtes darauf fiel. In dieser Lage des Cylinders entstand eine Zurückwerfung des Lichtes, welches sich in einen Halbkreis ausbreitete, dessen Mittelpunct auf der Stelle des Cylinders lag, wo das Bild der Sonne hinfiel. Wie er dieses zurückgeworfene Licht auf einem weißen Papiere auffieng, enthielt es eine Menge sehr schöner und lebhafter Farben, als roth, violet, gelb, blau und grün, daß das Papier wie marmoriret aussah. Es mußte aber das Licht in einiger Entfernung von dem Bilde der Sonne aufgefangen werden.

Mairans Erklärung der Beugung.

Ferner gehöret unter diejenigen, die sich mit der Beugung des Lichtes beschäfftiget haben, auch der scharfsinnige de **Mairan**, der aber, ohne neue Erscheinungen aufzusuchen, sich begnügte, die alten zu erklären, und zwar vermittelst einer Atmossphäre, die alle Körper umgeben soll, dadurch also zwo Zurückwerfungen und zwo Brechungen entstehen, eine an der Oberfläche der Atmossphäre, die andere an dem Körper selbst. Die Dichte und brechende Kraft dieser Atmossphäre nahm er für veränderlich an, wie man sie an der Luft wahrnimmt.

Dü Tours Erklärung und Versuche.

Auf de Mairan folgete **dü Tour**, der auch eine solche Atmossphäre annahm, aber nicht für nöthig hielt, sie ungleich dichte zu machen. Ihre brechende Kraft sollte geringer als diejenige der Luft seyn. Allein das, wofür man ihm Dank wissen

sen muß, ist nicht seine Hypothese, sondern die mancherley Abänderungen seiner Versuche, wodurch er es andern leichter gemachet hat, die wahre Ursache dieser Erscheinungen zu erforschen.

Man hatte sonst an dem gebogenen Lichte nur drey farbichte Säume bemerket; aber du Tour bemerkete zufälliger Weise weit mehr, und erdachte folgende sinnreiche Art, sie alle deutlich darzustellen. Er nahm ein kreisrundes Brett ABED, 13 Zoll im Durchmesser, das schwarz angemalet war, ausgenommen am Rande, wo ein Ring von weißem Papiere sich befand, der von A auf jeder Seite nach E hin in 180 Grade eingetheilet war. Um das Brett war ein Streifen Pergament, wie ein Reifen, befestiget, mit einem viereckichten, 4 oder 5 Linien breiten Loche bey E, um einen Sonnenstrahl dadurch fallen zu lassen. In dem Mittelpuncte wurde senkrecht auf das Brett eine Nadel, etwa $\frac{1}{3}$ Linie dick, gestecket. Der Lichtstrahl ward durch einen senkrechten Einschnitt, $2\frac{1}{2}$ Linien lang, und etwa so weit, als die Nadel dicke war, ins Zimmer gelassen, gieng durch das Loch bey E parallel mit der Fläche des Brettes, und warf das Bild der Sonne nebst dem Schatten der Nadel, bey A auf den pergamentnen Reifen.

fig. 86.

Was er hierauf wahrnahm, ist folgendes: 1. rings auf der ganzen vertieften Oberfläche des Reifens zeigeten sich viele farbichte Streifen, aber der Raum mAn, etwa 18 Grad groß, in dessen Mitte das Bild der Sonne lag, war bloß mit einem schwachen Lichte erfüllet. 2. Die Ordnung der Farben an diesen Streifen war mehrentheils diese, daß die brechbarsten Strahlen dem einfallenden ECA zunächst lagen; oder daß von A an gerechnet, das Violet in den Streifen den Anfang, und Roth den Beschluß machete, einige ausgenommen, in welchen diese Folge umgekehret war. 3. Der Schatten der Nadel war mit zween Lichtstreifen begränzet. 4. Die farbichten Streifen waren an einigen Stellen des Reifens schmäler als an andern, und wurden überhaupt schmäler, je weiter sie von A ab lagen. 5. Zwischen diesen farbichten Streifen befanden sich bisweilen einige weiße, eine oder anderthalb Linien breit, die allemal auf beyden Seiten von einem orangenfärbigen Striche begränzet waren, wenigstens, wenn das Sonnenlicht stark genug, und das Zimmer hinlänglich dunkel war.

Folgerungen daraus.

Aus diesem Versuche, glaubet er, erhelle klar, daß die Strahlen, welche die Nadel vorbeygehen, nicht die einzigen sind, welche sich in Farben zertheilen, weil auch die zurückgeworfenen in Farben zerspaltet werden, und daher eine Brechung müssen gelitten haben [c]) Er glaubet auch, daß die vorbeyfahrenden eine Zurückwerfung leiden, und daß also alle Strahlen gleichmäßige Veränderungen erfahren. Darum nimmt er, wie schon gesaget, eine kleine Atmossphäre von gleichförmiger Dichte und geringerer brechenden Kraft als die Luft, an. Die farbichten Streifen nächst dem Schatten der Nadel werden, seiner Meynung nach, von denjenigen Strahlen hervorgebracht, die zwar in die kleine Atmossphäre des Körpers

Ccc 3 kommen,

c) Es könnten die farbichten Streifen nach E hin auch von zurückgeworfenen Lichte, das von den Streifen bey A herum kömmt, entstehen. K.

kommen, aber auf die Nadel nicht fallen, und daher, ohne Zurückwerfung, nur beym Eingange und Ausgange gebrochen werden. Er zeiget, daß solchergestalt die farbichten Streifen nach dem Schatten hin breiter, und weiter von demselben schmäler werden müssen; denn diejenigen, welche hievon eine Ausnahme macheten, veränderten durchs Umdrehen der Nadel ihre Stelle, zum Beweise, daß diese Abweichung von gewissen zufälligen Umständen an der Oberfläche der Nadel herrühren mußte. Dergleichen Umständen schreibt er auch die lichten Striche zwischen den gefärbten zu, weil sie bey Umdrehung der Nadel ihre Stellen veränderten.

Hr. du Tour bemerket, daß seine Hypothese mit einer vom **Newton** gemachten Wahrnehmung nicht übereinstimme, nach welcher die an dem Körper zunächst vorbeyfahrenden Strahlen am meisten gebogen werden; glaubet aber, daß Newtons Beobachtung unrichtig seyn möge, besonders da er selbst saget, es sey ihm so vorgekommen, und es also nicht zuverläßig behauptet.

Beugung zwischen zwey Blättern Papier.

Da er in einen Lichtstrahl zwey Stücke Papier dergestalt hielt, daß ein Theil des Strahles zwischen ihren Ebenen durchgieng, nahm er an dem Rande des durchgegangenen Lichtes, das er auf einem Papiere auffieng, zween orangenfärbige Streifen wahr, deren Newton in seinen Versuchen nicht erwähnet. Er erkläret dies daher, daß die brechbarsten Strahlen bey dem Eintritte in die Atmossphäre des Papieres so gebrochen werden, daß sie neben dem Rande desselben vorbeygehen, dagegen die am wenigsten brechbaren auf den Rand fallen, und von da zur Seite über jene brechbarsten Strahlen hinaus zurückgeworfen werden. Auf eben diese Weise erkläret er auch die orangenfärbigen Säume an den lichten Strichen in dem obigen Versuche mit dem pergamentnen Reifen.

Wie das an der Schärfe eines Körpers vorbeygehende Licht sich zertheile.

Zur Erklärung einer andern Wahrnehmung, die mit einer vom Newton gemachten Beobachtung übereinstimmet, daß nämlich das an der Ecke eines Körpers vorbeygehende Licht in zween Ströme getheilet wird, nimmt er an, daß ein Theil des Lichtes von der Ecke des Körpers selbst, der andere von der inwendigen Fläche der Atmossphäre desselben zurückgeworfen wird, daher sich die Strahlen einander kreuzen müssen, wie es in fig. 87. abgebildet ist. Er fand auch, wie er außerhalb seines verfinsterten Zimmers Körper hinstellete, daß die Strahlen P d, P e von der Seite a P des einfallenden Lichtes, so wie die Strahlen r f, r g von der Seite b r desselben herkamen.

fig. 87.

Ausdehnung des Sonnenbildes durch die Beugung.

Endlich bemerkete er auch noch, daß, wenn er durch ein Stück Papier die Oeffnung in dem Fensterladen sehr schmal machte, das Bild der Sonne von dem durchfallenden Lichte sich sehr in die Länge ausdehnete, und zuerst von einem orangefärbigen Streifen, darauf von den bunten Streifen, wie sie sonst sich zu zeigen pflegen, und endlich von einem schwachen Lichtscheine begränzet war, der immer schwächer ward, so wie er sich von dem Bilde entfernete. Diese Erscheinung erkläret er daher, daß die Atmossphäre des Papieres und des Holzes, wenn sie an einander rücken, zusammengedrücket, und dadurch flächer werden, weswegen die Strahlen, die alsdenn schiefer als vorher auffallen, von ihrem Wege mehr abgelenket werden, als sonst geschehen seyn würde. Allein es wird wohl nicht nöthig

seyn,

seyn, eine Zusammendrückung der Atmossphäre anzunehmen. Denn wenn Atmossphären Wirkungsräume gewisser Kräfte sind, so werden diese, wo sie in einander laufen, ihre Wirkungen verstärken oder schwächen, nachdem sie mit einander übereinstimmen, oder sich entgegen sind [d]).

Vergrößerung durch die Beugung.

Le Cat erkläret eine scheinbare Vergrößerung eines Gegenstandes, die unter gewissen Umständen vorgeht, sehr wohl aus der Beugung der Strahlen. Da er einen entfernten Thurm betrachtete, und zugleich einen Drath, dessen Dicke geringer als der Durchmesser der Pupille war, in einer kleinen Entfernung vom Auge, zwischen dem Gegenstande und dem Auge hin und her bewegete, fand er: daß so oft der Drath vor die Pupille kam, der Thurm seine Stelle zu verändern schien, und daß einige Hügel jenseits des Thurmes eben so sich zu bewegen schienen, nicht anders als wenn er ein Linsenglas zwischen seinem Auge und ihnen hin und her geführet hätte.

Bey näherer Untersuchung dieser Sache fand er, daß es eine gewisse Entfernung des Drathes vom Auge gab, die aber schwer zu behalten war, bey welcher der Thurm keine Bewegung zu haben schien, wenn er den Drath vor seinem Auge vorbey führete, und in diesem Falle schien der Thurm weniger deutlich und dabey vergrößert. Weil diese Umstände so wie bey einem Linsenglase sind, gab er insbesondere Acht auf sie, und stellete sein Auge solchergestalt, in Absicht auf den Thurm, daß die Lichtstrahlen, welche von ihm ins Auge kamen, sehr nahe an dem Rande eines Fensters, an welches er sich bey dieser Beobachtung gestellet hatte, vorbeygehen mußten. Wie er den Drath noch einmal vor seinem Auge vorbeyführete, bemerkete er, daß, wenn er in der Sehcaxe war, der Thurm dem Fenster näher schien, von welcher Seite er auch den Drath hergeführet hatte. Er wiederholete den Versuch, immer mit demselben Erfolge, daß der Thurm vergrößert und fast doppelt so groß schien [e]).

fig. 88.

Diese Erscheinung wird vermittelst der fig. 88. leicht erkläret. Es ist daselbst B das Auge, A der Thurm und C der Durchschnitt des Drathes. Die ausgezogenen Linien stellen die Lichtstrahlen vor, durch welche das Bild des Thurmes ohne den Drath im Auge entworfen wird, welches viel kleiner als der Durchmesser des Drathes ist; die punctirten Linien aber schließen nicht allein den Lichtkegel ein, der durch den Drath aufgefangen wird, sondern auch die entferntern Strahlen, die von dem Drathe gebogen, und mehr convergirend ins Auge geschicket werden, eben so als wenn eine Linse zwischen dem Auge und dem Gegenstande gehalten wäre.

Andere von der Beugung verursachte Erscheinungen.

Diese Wahrnehmung von der Wirkung der Beugung des Lichtes brachte ihn auf die Entdeckung verschiedener anderer von eben dieser Ursache abhängender Ereignisse. So vergrößerte er kleine Dinge, als einen Nadelknopf, wenn er sie durch ein kleines in eine Karte gestochenes Loch betrachtete, und die Strahlen von diesen Gegenständen so nahe an dem Umfange des Loches vorbey giengen, daß sie davon angezogen wurden. Desgleichen bemerkete er auch, wenn er seinen Finger nahe an

d) Memoir. presentés, vol. 5. p. 636 suiv. e) Traité des sens, p. 299.

an den Lichtkegel brachte, der in sein Auge von einem Gegenstande fiel, welcher sich von den umliegenden wohl unterschied, als von einer glühenden Kohle mitten in der Asche, oder von einer todten Kohle mitten im Feuer, daß alsdenn der Gegenstand nach seinem Finger hin sich auszustrecken schien, wenn dieser hinzugeführet ward, und ihm bis auf eine gewisse Weite zu folgen, wenn er weggezogen ward. Eben dieser Ursache schrieb er es zu, daß, wenn Wolken über die Sonne weg gehen, die Schatten der Körper sich auf allerhand Art bewegen, und zu tanzen scheinen, wenn die Wolken an mehrerern Stellen durchgebrochen sind, wie man dieses besonders an dem Schatten des Fensterbleyes wahrnehmen kann. Eben dieser Beugung des Lichtes schrieb er auch zum Theil die prismatischen Farben zu, welche er vermittelst einer feinen, hart ans Auge gehaltenen Nadel erblickete, wenn er die Strahlen einer Lichtflamme schief darauf fallen ließ f).

Zum Beschlusse führe ich noch eine Wahrnehmung **Mußchenbroeks** an, daß, wenn man des Nachts einen metallenen Drath oder eine feine Nadel zwischen das Auge und eine Lichtflamme hält, und sie hin und her vom Auge zum Lichte beweget, dieser Drath in einer gewissen Stelle durchsichtig und röthlich scheinen wird. Mußchenbroek erkläret es aus der Beugung des Lichtes an dem Drathe g). Allein es ist leicht möglich, daß es nur eine Art von Schatten ist, welchen die Nadel auf das Auge wirft.

Zusatz des Uebersetzers.

Eine Beobachtung von der Beugung des Lichtes mit der Brechung verbunden.

Man halte ein Brett, worauf man ein paar Stecknadeln befestiget hat, senkrecht in ein Gefäß mit Wasser, dergestalt, daß die obere der Nadeln die Oberfläche des Wassers berühre. Darauf bringe man das Auge mit dieser Nadel und dem Bilde der untern in eine gerade Linie, so wird dieses Bild gespalten erscheinen. Hält man das Auge etwas von dem Brette abwärts, so erscheint das Bild wie eine Gabel, deren Zacken weit feiner sind, als der Stiel oder als das Bild der Nadel in einer andern Lage des Auges ist. Wo die Zacken sich krümmen, und in den Stiel zusammen laufen, welches neben dem Knopfe der obern Nadel geschieht, erscheint ein feiner hellrother Strich auswärts. Beweget man das Auge nach dem Brette hin, daß der Kopf der untern Nadel dem Kopfe der obern Nadel sich nähert, so verliehrt sich der Stiel der Gabel; und die beyden Zacken laufen oben in einem halben Kreise zusammen, der roth und andere Farben spielet. Die scheinbare Entfernung des gespaltenen Bildes von der obern Nadel schien mir eine gute Linie groß. Sobald man die obere Nadel das Wasser nicht berühren

f) Traité des sens, p. 304.

g) Introd. vol. 2. p. 779.

rühren läßt, fallen alle diese Erscheinungen weg. Das Bild wird, wie eine wirkliche Nadel von der obern bedecket, wenn man das Auge mit ihnen in die gerade Linie bringt.

Diese Erscheinungen haben offenbar ihren Grund in der Beugung des Lichtes. Da ich nicht gefunden habe, daß man schon die vereinten Wirkungen der Beugung und Brechung bemerket hätte, so hielt ich es nicht für überflüßig, diesen Versuch zu erzählen. Man könnte ihn noch verändern, wenn man anstatt der obern Nadel einen dünnen Körper von einer andern Figur, als eine feine Messerschneide mit sägenförmigen Einschnitten, oder wie man sonst eine bequeme Gestalt erdenken will, nähme. Vielleicht ist diese Erscheinung auch einer mathematischen Berechnung fähig.

Siebenter Abschnitt.

Vergleichung der Stärke des Lichtes.

Die mancherley sinnreichen Methoden, welche von den Naturforschern zur Vergleichung der Stärke des Lichtes, seit Newtons Zeiten gebrauchet worden, sind so zahlreich, daß sie einen besondern Abschnitt verdienen. Daß einige leuchtende Körper stärker, andere schwächer glänzen, und daß einige Körper mehr Licht als andere zurückwerfen, hat man von jeher gewußt; aber niemand gab eine, nur einigermaßen zuverläßige Methode an, das Verhältniß der Stärke verschiedener Lichter zu messen, bis Bouguer zu diesem Ende einige sehr schickliche Vorrichtungen ersann, vermittelst deren er manche wichtige physikalische Entdeckungen machte, die größtentheils schon oben erzählet sind. Weil seine hieher gehörigen Beobachtungen das wichtigste dieses Abschnittes ausmachen, so will ich mit der Beschreibung seiner Anstalten, das Verhältniß der Stärke verschiedener Lichter zu messen, anfangen.

Bouguers Vorrichtungen zur Messung des Lichtes

fig. 89.

Er nahm zwey Stücke Holz oder Pappe, EC und CD, mit zwey gleich großen Löchern, P und Q, welche er mit geöltem oder weißem Papiere überzog. Auf diese Löcher ließ er das Licht derer Körper, die er mit einander vergleichen wollte, fallen, stellete aber noch ein drittes Stück Holz oder Pappe FC dazwischen, um zu verhindern, daß beyde Lichter sich nicht mit einander vermischen sollten. Alsdenn stellete er sich auf der einen oder der andern Seite seines Werkzeuges, gewöhnlich aber auf der, welche dem Lichte entgegengesetzet war, und veränderte die Stellung der leuchtenden Körper so lange, bis die Papiere in beyden Löchern gleich helle erleuchtet schienen. Darauf berechnete er aus dem Verhältnisse der Quadrate ihrer Entfernungen von dem Papiere das Verhältniß der Stärke. War das Licht eines Körpers zu schwach, bedienete er sich auch Linsengläser es zu verstärken, und schloß diese in Röhren ein oder nicht, nachdem es jedesmal seine Absicht erfoderte.

fig. 90.

Die Stärke des Lichtes zu messen, welches uns die himmlischen Körper, oder eine gewisse Stelle des Lufthimmels zusenden, erdachte er eine Art von tragbarer Camera obscura. Zwo inwendig angeschwärzte Röhren, AC und EC waren zu

unterst bey C durch ein Gewinde verbunden. Unten an diesen Röhren waren zwey Löcher, R und S, drey bis vier Linien weit, die mit zwey Stücken feinen weißen Papieres bedecket waren. An dem andern Ende jeder Röhre war eine kreisrunde Oeffnung, einen Zoll weit; und eine der Röhren bestand aus zwey Stücken, wovon das eine herausgezogen werden konnte, welches eben den Dienst that, als wenn die Weite der Oeffnung wäre verändert worden. Bey dem Gebrauche dieses Werkzeuges hat der Beobachter seinen Kopf und das Ende bey C so bedecket, daß kein Licht in sein Auge als nur durch die Löcher bey R und S kommen kann, wobey ein Gehülfe das Werkzeug richtet, und die Röhre DE nach der Angabe des Beobachters verlängert oder verkürzet. Sind beyde Löcher dem Augenmaaße nach gleich helle, so verhält sich die Stärke des darauf fallenden Lichtes umgekehrt wie die Quadrate der Längen der Röhren.

Es muß, wenn man dieses Werkzeug brauchen will, jeder der Gegenstände, deren Licht in die Röhren fällt, unter einem beträchtlich größern Winkel, als die Oeffnungen A und D, bey C gesehen werden; sonst hilft das Ausziehen nichts. Damit er in diesem Falle, wenn die Gegenstände zu klein waren, nicht nöthig hätte, das Werkzeug gar zu groß, oder die Oeffnung D zu klein zu machen, so bedienete er sich eines andern Werkzeuges, das aus zwoen Röhren besteht, die sechs, bisweilen zehen bis zwölf Fuß lang sind, und an den Enden AE, DF zwey völlig gleiche Objectivgläser führen, deren Brennpuncte auf das andere Ende B jeder Röhre fallen. Hier sind zwey Löcher, jedes drey oder vier Linien weit, die mit weißem Papiere oder einem mattgeschliffenen Glase bedecket sind. Uebrigens wird dieses Werkzeug völlig so, wie das vorige, gebrauchet. Sind die beyden zu vergleichenden Lichter nicht von einerley Stärke, so muß das Licht, welches von ihnen auf das Papier bey B fällt, durch die Verminderung der Oeffnung an dem einen Objectivglase einander gleich gemachet werden. Dieses muß aber auf solche Art, wie es die fig. 92. zeiget, geschehen, weil der mittlere Theil dicker und weniger durchsichtig als das übrige ist, weswegen nicht bloß der Rand, sondern auch ein Theil des Mittels bedecket werden muß.

fig. 91. fig. 92.

Wenn die zu beobachtende Gegenstände fast in derselben geraden Linie liegen, so kann man, wie unser Verfasser anmerket, statt der zwo Röhren eine einzige brauchen, in welcher man die Objectivgläser neben einander stellet, und an der unten auch nur ein einziges Ocularglas [a]) befindlich ist. Das Werkzeug hat alsdenn einige Aehnlichkeit mit dem Heliometer oder Astrometer unsers Verfassers, das er im J. 1748. bekannt machete [b]).

Wohl zu merken ist, daß man durch diese beyden Werkzeuge nicht die absolute Menge der Strahlen, sondern die Dichte oder Intensität des Lichtes mißt. Jene ist das Product aus der Intensität in die Fläche des leuchtenden Körpers [c]). Die

a) Ohne Zweifel das vorher erwähnte mattgeschliffene Glas. K.

b) Traité d'Optique, p. 37.

c) Doch kömmt es auf die Lage der Flächen gegen das Licht an. K.

Die Intensität des Lichtes kann sehr groß seyn, und die Erleuchtung, welche andere Körper davon erhalten, sehr geringe, weil die leuchtende Oberfläche sehr klein ist; so wie hingegen, wenn diese groß ist, bey geringer Intensität dennoch eine starke Erleuchtung seyn kann [d]).

Ich füge nunmehr einige Beyspiele verschiedener Art hinzu, wie Hr. Bouguer seine eben beschriebenen Werkzeuge zur Messung des Lichtes gebrauchet hat, da seine wichtigsten Versuche schon an den gehörigen Orten erzählet sind.

Wenn ein Licht gegen das andere unkenntlich wird.

Man weis, daß einer, der an einem stark erleuchteten Orte steht, Gegenstände, die im Schatten liegen, nicht unterscheiden kann; so wie er auch nichts erkennen kann, wenn er aus dem Lichte unmittelbar an einen Ort geht, wo nur sehr wenig Licht ist. Daraus folget, daß der Eindruck von einem starken Lichte auf das Auge, und die nachbleibende Empfindung desselben, die Wirkung eines schwachen Lichtes verdringen. Das Verhältniß der Intensitäten in diesem Falle auszumachen, ließ er das Licht zwoer Kerzen auf eine sehr weiße Fläche fallen, fieng das Licht der einen mit einem Lineale auf, und entfernete sie so weit, bis der Schatten, welcher von der andern erleuchtet ward, nicht mehr zu erkennen war. Dieses geschahe, wie er jene achtmal so weit als diese von der Fläche entfernet hatte. Hieraus schließt er, daß ein Licht, wenn es 64mal (achtmal achtmal) schwächer ist als ein anderes, gegen dieses nicht mehr zu merken ist. Uebrigens wird dieses für verschiedene Augen verschiedentlich ausfallen; doch glaubet Bouguer, daß die Gränzen zwischen 60 und 80 liegen mögen [e]).

Helligkeiten verschiedener Stellen des Lufthimmels.

Vermittelst des zweyten der oben beschriebenen Werkzeuge verglich er die Stärke des von verschiedenen Stellen des Lufthimmels zurückgeworfenen Lichtes, und fand, daß wenn die Sonne 25 Grad hoch stand, das Licht in einer Entfernung von 8 bis 9 Grad von der Sonne viermal stärker war, als in einer Entfernung von 31 bis 32 Grad [f]). Sehr merkwürdig ist auch, daß bey einer Höhe der Sonne von 15 oder 20 Grad, das Licht des Himmels längst einem Parallelkreise mit dem Horizonte in dieser Höhe, bis auf eine gewisse Weite von der Sonne, etwa 110 bis 120 Grad, immer abnimmt, hernach aber wieder zunimmt, und an dem der Sonne entgegen gesetzten Puncte am größten wird [g]).

Stärke des Mondenlichtes in verschiedenen Höhen.

Das Licht der Sonne, saget Bouguer, ist zu stark, und das Licht der Sterne zu schwach, als daß man die Veränderungen desselben in verschiedenen Höhen bemerken könnte. Da beydes aber, unter einerley Umständen, mit dem Lichte des Mondes sich auf einerley Art verändern muß, so beobachtete er den Mond in verschiedenen Höhen, und fand, daß die Erleuchtung desselben in der Höhe von 19° 16′ sich zu der in der Höhe von 66° 11′ wie 1681 zu 2500, das ist fast wie 2 zu 3 verhalte.

d) Traité d'Optique, p. 40.

e) Ibid. p. 52.

f) Diese Beobachtungen gehen von den Rechnungen des Herrn Lambert (Photom. P. V. Cap. 2.) viel ab, als welche den Unterschied der Helligkeiten weit geringer angeben. Doch erinnert auch Hr. L. daß die Helligkeit der Luft um die Sonne größer seyn müsse, als sie aus seinen Rechnungen folge. K.

g) Traité d'Optique, p. 73.

verhalte. Diese Höhen hatte er deswegen ausgesuchet, weil sie die Höhen der Sonne zur Zeit ihres Stillstandes für Croisie sind, wo er damals wohnete. Wenn der Rand des Mondes den Horizont der See berührete, war sein Licht 2000mal schwächer, als in der Höhe 66° 11′; wiewohl dieses Verhältniß, wie er auch eingesteht, wegen der vielen Abwechselungen in der Dichtigkeit der untern Atmosphäre auf mancherley Art sich verändern muß h).

Ungleiche Helligkeit der Sonnenscheibe.

Endlich beobachtete unser genaue Naturforscher vermittelst seines Werkzeuges auch die verschiedenen Theile der Sonnenscheibe, und fand, daß sie um den Mittelpunct beträchtlich heller als nach dem Rande hin ist. Es war in dem Verhältnisse von 48 zu 35, daß der Mittelpunct heller schien, als eine um $\frac{3}{4}$ des Halbmessers davon entfernte Stelle i). Die Planeten hingegen, sowohl die Haupt- als Nebenplaneten, fand er am Rande heller als um den Mittelpunct k).

Vergleichung des Sonnen- und Mondenlichtes.

Das Licht der Sonne und des Mondes hat man oft mit einander zu vergleichen gesuchet; es blieb aber bey ohngefähren Muthmaßungen, bis daß unser Verfasser die Sache genauer zu erforschen unternahm. Ueberhaupt ist man geneigt, das Licht des Mondes in Vergleichung mit dem Lichte der Sonne weit größer zu halten, als es wirklich ist; und hierinn irret sich nicht allein der Unerfahrne, sondern auch wohl der Naturkundige. De la Hire wunderte sich sehr, daß er durch keinen Brennspiegel die Strahlen des Mondes so dichte zusammenbringen konnte, daß sie die geringste merkliche Hitze hervorgebracht hätten l). Andere haben mit noch größern Brennspiegeln es versuchet, ohne etwas mehr auszurichten, und darüber wird man sich auch nicht wundern, wenn man Bouguers Beobachtungen und Berechnungen von der Stärke des Mondenlichtes kennen gelernet hat.

Er findet nämlich durch ein Mittel aus mehrern Versuchen, daß das Mondenlicht 300000mal schwächer ist, als das Sonnenlicht. Dieses brachte er dadurch heraus, daß er sowohl das Sonnen- als das Mondenlicht in ein verfinstertes Zimmer durch ein Hohlglas fallen ließ, und das sich zerstreuende Licht in einer solchen Weite auffieng, daß es der Erleuchtung von einer in gewisser Entfernung gestellten Kerze gleich kam. Aus der Größe der Kreise, in welche sich das Sonnen- und Mondenlicht ausbreitete, und der jedesmaligen Entfernung der Kerze, ward das obige Verhältniß geschlossen, welches freylich so ungeheuer groß ist, daß es gar kein Wunder bleibt, wenn man mit dem Mondenlichte durch Brennspiegel keine Wärme hervorbringen konnte. Die größesten Brennspiegel verdichten das Licht nicht 1000mal, also bleibt das Mondenlicht in dem Brennraume eines Spiegels noch 300mal schwächer als das gewöhnliche Sonnenlicht m).

Stärke des Mondenlichtes, wenn nichts verlohren gienge.

Es wird nun auch dem Leser, nachdem er gesehen, wie viel Licht der Mond wirklich zurückwirft, nicht unangenehm seyn, es mit der Menge des Lichtes zu vergleichen, die dieser Körper uns zusenden würde, wenn von dem auffallenden nichts verlohren

h) Traité d'Optique, p. 81.
i) Ibid. p. 93.
k) Ibid. p. 121.
l) Mem. de l'Ac. de Paris, p. 455.
m) Traité d'Opt. p. 85.

verlohren gienge. Dr. Smith glaubete, auf zweyerley Art erwiesen zu haben, daß das Licht des Vollmondes sich zu unserm Tageslichte wie 1 zu 90900 verhalte, wenn alle Strahlen zurückgeworfen würden. Zuerst nimmt er an, daß der von der Sonne erleuchtete Mond so helle scheint, als die Wolken im Mittel genommen; woraus er ferner folgert, daß das Sonnenlicht so groß ist, als das Licht aller Wolken auf der ganzen Halbkugel zusammen, oder dem Lichte von so viel Monden, als die ganze Himmelsfläche bedecken könnten n). Allein hiebey ist zu bemerken, daß es zwar wahr ist, daß das Sonnenlicht, welches senkrecht auf eine Fläche fällt, dem von der ganzen Halbkugel zurückgeworfenen Lichte gleich seyn würde, wenn jeder Theil derselben alles darauf fallende Licht zurückwürfe; daß aber das von der ganzen Halbkugel wirklich erhaltene Licht, als wovon ein Theil schief aufgefangen wird, nur die Hälfte desjenigen ist, welches von der ganzen Halbkugel herkommen würde, wenn jeder Theil derselben senkrecht auf die zu erleuchtende Fläche schien o).

Smiths Fehlschluß.

In den Anmerkungen zu seinem Werke bringt er durch ein anderes Verfahren dieselbe Folgerung heraus, machet aber dabey wieder den Fehlschluß, daß er die ganze erleuchtete Halbfläche des Mondes die Strahlen der Sonne senkrecht erhalten läßt, da doch nicht mehr Strahlen darauf fallen können, als auf der Fläche eines größten Kreises der Mondskugel senkrecht enthalten sind, die genau die Hälfte von der halben Oberfläche des Mondes ist.

Herr Michell stellete diese Rechnung auf eine leichtere und einfachere Art an, bey der man sich so leicht nicht irren kann. Aus der Entfernung des Mondes von der Sonne, mit Zuziehung des Satzes, daß die Dichte des Lichtes sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung von dem leuchtenden Körper verhält, berechnete er das Verhältniß der Dichte des Sonnenlichtes in der Weite des Mondes von der Sonne, und an der Oberfläche der Sonne selbst; und fand hieraus, daß wenn der Mond alles Licht, welches er von der Sonne erhält, zurückwürfe, es doch nur der 45000ste des Lichtes, das wir von der Sonne bekommen, seyn würde. Nimmt man nun mit Bouguer an, daß das Mondenlicht wirklich nur den 300000sten Theil des Sonnenlichtes ausmachet, so wirft der Mond nur den sechsten bis siebenten Theil des auffallenden zurück p).

Zusatz des Uebersetzers.

Von den ältern Methoden, das Licht zu messen.

Ich hole dieses aus Bouguers Optik nach. Huygens wollte, wie Bouguer aus desselben Cosmotheoros L. 2, p. 136. anführet, das Licht der Sonne und des Sirius

n) Opticks, vol. 1. p. 29. (d. d. A. S. 28.)

o) Vergl. Lamberti Photometr. §. 1014 seqq. K.

p) Philos. Trans. vol. 53. p. 236. (Dieses Citatum ist unrichtig. Sonst findet man dieses schon weit genauer berechnet in der Lambertischen Photometrie, §. 1039 ff. Wenn der Mond alles Licht wieder zurückwürfe, so wäre er nur den 69250sten Theil so helle als die Sonne. K.)

Sirius auf diese Art mit einander vergleichen, daß er beyde Körper durch eine lange, oben mit einem sehr kleinen Loche versehene Röhre, betrachtete und beyder Licht gleich helle machte. Huygens fehlte, wie Bouguer merket, erstlich darinn, daß er die absoluten Kräfte und die Intensitäten des Lichtes nicht gehörig unterschied, am meisten aber, daß er zwo Empfindungen, davon er die eine mehrere Stunden später als die andere erhielt, mit einander zu vergleichen sich getrauete.

Im J. 1700 gab ein Pariser Capuziner, Franciscus Maria, ein kleines Buch, nouvelles decouvertes sur la lumiere, heraus, worinn er glaubte, daß die Abnahme des durch mehrere Gläser gehenden Lichtes in arithmetischer Fortschreitung geschehe, die doch bey sonst gleichen Umständen in geometrischer geschiehet. Die Stärke eines Lichtes zu messen, versuchte er, wie viel Gläser er nehmen müßte, um es ganz unmerklich zu machen: ein Verfahren, das auf mehr als eine Art fehlerhaft war.

Celsius, Professor der Astronomie zu Stockholm, theilte der Pariser Akademie folgende Methode mit, die Stärke des Lichtes zu messen*) Er betrachtete ein Papier, worauf er drey kleine concentrische Kreise gezeichnet hatte, in verschiedenen Entfernungen, und maaß dabey jedesmal die Weiten einer Kerze, welche das Papier erleuchten mußte, wenn er die Kreise deutlich sah. Er fand, daß die Entfernungen der Kerze von dem Papiere sich umgekehrt wie die vierten Potenzen der Entfernungen des Auges von dem Gegenstande verhalten müßten, daß man also, um ein kleines Object in der zweyfachen Entfernung eben so deutlich zu sehen, wie in der einfachen, es 256 mal stärker erleuchtet haben müßte. Bouguer bemerket dagegen, daß die Deutlichkeit des Sehens überhaupt nicht von der Stärke des Lichtes abhängt. Wenn ein Gegenstand sich außerhalb den Gränzen des deutlichen Sehens befindet, so helfe die Vermehrung oder Verminderung der Erleuchtung gar nicht dazu, denselben deutlicher zu machen. Es sey ein höchst ungefährer Zufall, daß die angeführte Proportion der Entfernungen für des Celsius Augen eingetroffen.

Achter Abschnitt.

Von den Eigenschaften des Isländischen Krystalles.

Außer den Eigenschaften der Lichtstrahlen, die sich durch die Zurückwerfung, Brechung und Beugung äußern, mag es noch wohl mehrere von einer ganz andern Art geben, dadurch die gegenseitige Wirkung des Lichtes und der Körper auf einander von mancherley Seiten sich zeigen kann. Dergleichen neue und merkwürdige Eigenschaften des Lichtes entdecken sich an dem Isländischen Krystalle; da aus den angestellten Beobachtungen der Strahlenbrechung durch dieses besondere Mineral die unmittelbare Folge fließt, daß verschiedene Seiten der Strahlen verschiedene

*) Hist. de l'Acad. de Paris, 1735, p. 7.

schiedene Eigenschaften haben. Nach den ersten Wahrnehmungen, welche zu dieser Entdeckung leiten, und die vom **Erasmus Bartholinus** gemacht sind, rühren die meisten Erfahrungen zwar schon vom **Huygens** her; allein da die wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinungen vor Newton von niemand angegeben ist, und nachher noch einige neue Bemerkungen hinzugekommen sind, so hielte ich es für schicklich, die ganze Geschichte in dieser Periode, ununterbrochen zu liefern.

Bartholins Beobachtungen.

Bartholin [a]) bemerket, daß der Isländische Krystall rhomboidalisch aussiehet, und das die Stücke, wenn er zerbricht, die Gestalt gleichfalls annehmen, einen Fall ausgenommen, in welchem eine dreyeckigte Pyramide entsteht. [b]) Von den Winkeln dieses Minerals, ist der stumpfe, nach diesem Verfässer, 101 Grad, der spitze 79 Grad groß.

Als er die Grundfläche eines solchen Stückes Krystalles auf den Gegenstand B oder A legte, sahe er mit vieler Verwunderung, daß beym Durchsehen sich zwey deutliche Bilder davon zeigten, indem B sowohl in G als in H, und A in C D und E F erschienen. Die Entfernung dieser beyden Bilder von einander war desto größer, je dicker der Krystall war, und bey sehr dünnen Stücken fielen sie fast in einander. Bey aufmerksamer Betrachtung beyder Bilder schien ihm dasjenige, welches von seinem Auge am weitsten war, höher, als das andere zu liegen. [c])

fig. 93.

In einer gewissen Lage des Auges ward das Bild einfach, wie es sonst durch andere durchsichtige Mittel erscheint, und in andern Lagen entdeckete er nicht weniger als sechs Bilder, die er aber der Zurückstrahlung an den Seiten des Krystalles zuschrieb. In dem Falle eines einfachen Bildes glaubte er, daß die Lage des einen Bildes so wäre, daß keine Strahlen von demselben ins Auge kommen könnten. [d])

Die Entfernung der beyden Bilder war am größesten, wenn der Gegenstand auf der Linie lag, die einen der spitzen Winkel des Krystalles halbirte.

Da er den Krystall über einem Gegenstande in die Runde drehete, nahm er wahr, daß eines von den Bildern unbeweglich blieb, und das andere sich um dieses drehete. Doch konnte er auch machen, daß jedes Bild, welches er wollte, sich um das andere herum bewegete, oder daß auch beyde zugleich beweglich wurden. Er bemerkete, daß bloß bey dem einem Bilde der senkrechte Strahl keine Brechung leidet; denn die ungewöhnliche Brechung richtete sich nach der Neigung des

a) Erasmus Bartholinus, jüngster Sohn des Caspar Bartholinus, eines berühmten Arztes zu Kopenhagen, ward 1625 gebohren. Er ward Professor der Geometrie und der Medicin daselbst, und zuletzt Beysitzer des Staatsrathes. Sein Bruder, Thomas Bartholinus, der zweyte Sohn Caspars, der Verfasser der Schrift de luce animalium, hatte eben diese Würde bekleidet. Er war 1616 gebohren und starb 1680. K.

b) Vielleicht hatte Bartholin das Mineral unter dieser Gestalt in den vollständigen Krystallen gesehen, ehe sie zerbrochen waren; denn diese Gestalt haben sie, wenn sie vollständig sind.

c) Experimenta Crystalli, p. 13.

d) Ibid. p. 17.

des Strahles gegen eine mit den Seiten des Krystalles parallele Linie, so wie die gewöhnliche Brechung nach der auf die Oberfläche senkrechten Linie e).

Das Brechungsverhältniß bey der gewöhnlichen Brechung fand er wie 5 zu 3. Die Ursache der ungewöhnlichen Brechung wußte er nicht besser anzugeben, als daß sie in der Lage der Zwischenräumchen, wodurch das Licht geht, zu suchen seyn möchte.

Die Stücke dieses Krystalles, welche Bartholin untersuchete, waren aus Island, und die besten waren auf einem hohen Berge nahe bey dem Berge Roerford gefunden, wo er bisweilen in Stücken eines Fußes dicke bricht.

Huygens bestimmet die Figur des Isländischen Krystalles,

Huygens vermehrete diese Beobachtungen des Bartholinus von der Brechung des Lichtes mit vielen und beträchtlichen neuen Entdeckungen, in welchen er verschiedene Angaben seines Vorgängers verbesserte f). Was erstlich die Figur des Krystalles betrifft, so findet Huygens durch eine genauere und anders veranstaltete Messung als des Bartholinus seine, daß die stumpfen Winkel der Seitenflächen 101 Grad 52 M. und folglich die spitzen 78 Gr. 8 M. betragen. Er berechnet nämlich diese Winkel aus der gemessenen Neigung der Seitenflächen gegen einander, welche 105 Grad beträgt.

und die nähern Umstände beyderley Brechungen.

Da in andern durchsichtigen Körpern der senkrecht auffallende Strahl keine Brechung leidet, und der schief auffallende allemal gebrochen wird, so ereignet sich an unserm Krystalle das Besondere, daß der senkrechte Strahl gebrochen wird, und ein schief auffallender bisweilen gerade durchgeht. Die nähern Umstände der ungewöhnlichen Brechung beschreibt Huygens folgendermaßen. Es sey ABFE ein Stück des Krystalles, und es werde der stumpfe Winkel ACB, an einem der beyden körperlichen Winkel, welche aus drey gleichen ebenen stumpfen Winkeln bestehen g), in zween gleiche Theile durch die gerade Linie CG getheilet, durch welche und durch die Seite CF eine Ebene geleget werde, die auf die Oberfläche AB nothwendig senkrecht wird. Der Durchschnitt dieser Ebene mit dem Krystalle wird ein Parallelogramm GCFH, welches er den **Hauptschnitt** des Krystalles nennt h).

Fig. 94.

Bedecket man die Fläche AB, und läßt bloß eine kleine Oeffnung bey K, einem Puncte auf der Linie CG, und hält sie gegen die Sonne so, daß ihre Strahlen senkrecht darauf fallen, so wird der Strahl IK sich bey K in zween Strahlen theilen, wovon der eine in der geraden Linie nach KL fortgeht, und der andere sich von ihm nach KM trennet, einer Linie, die in der Ebene CGHF befindlich ist, und mit KL einen Winkel von etwa 6 Gr. 40 M. nach C hin machet; worauf er ferner

e) Ibid. p. 21, 31, 32.

f) In dem Traité de la lumiere, ch. 5, die in dem dritten Bande seiner Werke befindlich ist. Ich habe daraus in dem von Hrn. Priestley gegebenen Auszuge vieles eingeschaltet, was zur Verständlichkeit nothwendig war. K.

g) Zween körperliche Winkel des Krystalles, hier C und E, bestehen aus drey ebenen stumpfen Winkeln, die andern aus zween spitzen und einem stumpfen. K.

h) Bloß in diesem Schnitte, oder solchen, die damit parallel sind, bleibt der ungewöhnlich gebrochene Strahl mit dem einfallenden und dem gewöhnlicher Weise gebrochenen in derselben Ebene.

ferner, wenn er bey M nach MZ ausfährt, mit IK parallel wird. Weil also durch diese ungewöhnliche Brechung der Punct M vermittelst des gebrochenen Strahles MKI von einem Auge auf der Linie KI gesehen wird, so muß der Punct L vermittelst des Strahles LRI, von dem der Theil LR parallel mit KM ist, von dem Auge in I gesehen werden, wenn dieses anders weit genug entfernet ist. Folglich scheint der Punct auf der Linie IRS zu liegen, erscheint aber zugleich auch nach der sonst gewöhnlichen Art auf IK, folglich ist sein Bild zweyfach. Gleichfalls, wenn L ein kleines Loch in einem Blatte Papier oder in einer andern Bedeckung auf der Fläche EF ist, und man diese gegen das Licht hält, wird das Loch gedoppelt erscheinen, und die beyden Löcher werden sich desto weiter von einander entfernen, je dicker der Krystall ist.

Wenn der einfallende Strahl der Sonne NO in der Ebene des Schnittes GCFH liegt, und mit CG einen Winkel von 73 Gr. 20 M. machet, folglich mit der Ecke CF, welche gegen FH unter einem Winkel von 70 Gr. 57 M. sich neiget, beynahe parallel ist, so zertheilet er sich bey O in zween Strahlen, wovon der eine nach OP, in der gerade verlängerten NO, und, ohne sich zu brechen, auch wieder herausgeht, der andere aber nach OQ gebrochen wird.

Aus diesen und einigen andern Versuchen sah er genugsam ein, daß von den beyden unterschiedenen Brechungen eine sich nach den gewöhnlichen Regeln richtet, das ist, diejenige, welche nach KL und OQ geschieht. Er maaß das Verhältniß dieser Brechung mit Fleiße, und fand es, wie Bartholin es schon bestimmet hatte, nämlich wie 5 zu 3. Die Art, wie er sowohl die gewöhnliche als ungewöhnliche Brechung maaß, ist folgende.

Methode, die Brechungen zu messen. fig. 95.

Auf einem Papiere, das auf ein glattes Brett gespannt war, zog er eine schwarze Linie AB, und zwo andere CED, KML, die jene unter einem rechten Winkel schnitten, und weiter oder näher bey einander gezogen wurden, nachdem er einen mehr oder weniger geneigten Strahl untersuchen wollte. Er legete hierauf den Krystall auf die Linie AB, so daß diese den stumpfen Winkel der untern Fläche halbirte, oder mit der ihn halbirenden Linie parallel war. Hielte er das Auge gerade über AB, so schien sie nur einfach, und das Stück, welches er durch den Krystall sah, lag mit den Theilen, die sich außerhalb zeigeten, in gerader Linie; aber die Linie CD schien gedoppelt. Das Bild derselben, welches durch die ordentliche Bewegung entsteht, unterscheidet sich dadurch, daß es höher zu liegen scheint als das andere, wenn man mit beyden Augen darauf sieht, oder daß es beym Umdrehen des Krystalles unbeweglich bleibt, dagegen das andere Bild sich rings herum beweget. Hierauf stellete er sein Auge in I (immer in der senkrechten Ebene durch AB) so, daß er das regelmäßige Bild von CD mit dem übrigen Theile dieser Linie in gerader Linie erblickete. Nun bemerkete er den Punct H auf der Oberfläche, wo der Durchschnittspunct E erschien, so liegt dieser Punct gerade über E. Hierauf zog er sein Auge zurück bis O, immer in der senkrechten Ebene durch AB, bis das Bild von CD, das von der gewöhnlichen Brechung entsteht, mit KL, die er ohne Brechung sahe, in gerader Linie schien, und

bemerkete auf dem Krystalle den Punct N, wo des Durchschnittes E Bild hinfiel. Also war ihm die Länge und Lage der Linien NH, EM, und HE, als die Dicke des Krystalles bekannt, woraus, wenn er diese Linien auf einem besondern Papiere zeichnete, und NE nebst NM zog, welche letztere HE in P schneidet, das Verhältniß der Brechung, als welches dem Verhältnisse NE zu NP gleich ist, bekannt wurde. Dieses ist, wie schon gesaget worden, das von 5 zu 3, und bey allen Neigungen dasselbe.

Auf eben diese Art untersuchte er auch die ungewöhnliche Brechung. Er stellete nämlich dazu sein Auge in Q, wo das Bild der Linie CD durch die ungewöhnliche Brechung mit KL, die er ohne Brechung sahe, in eine gerade Linie zu fallen schien. Aus den bekannten Dreyecken REH, RES, fand er die Winkel RES, RSH, welche der gebrochene und einfallende Strahl mit dem Einfallslothe machten. Hier war aber das Verhältniß der Brechung veränderlich nach der Neigung des einfallenden Strahles.

Er fand auch, wenn QRE eine gerade Linie war, oder wenn der Strahl ungebrochen blieb, (das ist, wenn des Punctes E ungewöhnliches Bild in der Linie CD, die ohne Brechung gesehen ward, zu liegen schien,) daß alsdenn der Winkel QRG 73 Gr. 20 M. hielte, und es also nicht der mit der Ecke des Krystalles parallele Strahl ist, der ungebrochen durchgeht, wie es Bartholin geglaubet hat. Man muß dieses darum bemerken, damit man nicht die Ursache dieser besondern Erscheinung in dem Parallelismus des Strahles mit diesen Ecken suche.

Gesetze der ungewöhnlichen Brechung in dem Hauptschnitte. fig. 96.

Nach fernerer Untersuchung der ungewöhnlichen Brechung fand er folgendes Gesetz derselben. Es sey GCFH das Parallelogramm, welches durch den Hauptschnitt des Krystalles (fig. 94.) entsteht. Allemal, wenn die Neigungswinkel zweyer Strahlen, die von entgegengesetzten Seiten herkommen, als hier die Strahlen VK, SK gleich sind, treffen ihre gebrochenen Theile KX, KT auf die gerade Linie HF in Puncten X, T, in gleichen Weiten von dem Puncte M, wo der gebrochene Theil des senkrecht auffallenden Strahles die HF schneidet. Eben dieses findet auch bey den Brechungen in andern Schnitten des Krystalles statt.

Wie Huygens diese Erscheinungen erkläret.

Hierauf trägt Huygens seine Theorie zur Erklärung dieser Erscheinungen vor. Die ungewöhnliche Brechung leitet er von sphäroidischen Lichtwellen, so wie die gewöhnliche von sphärischen her. Durch Hülfe dieser Theorie bestimmet er die Gesetze der ungewöhnlichen Brechung auch in andern Durchschnitten des Krystalles außer dem Hauptschnitte, wo noch die besondere Abweichung hinzu kömmt, daß der ungewöhnlicher Weise gebrochene Strahl aus der senkrechten Einfallsebene heraustritt, und nach der abhängigen Seite des Krystalles hingelenket wird.

Besondere Wahrnehmungen. fig. 97.

Endlich fand er noch, daß wenn zwey Stücke dieses Krystalles in einiger Entfernung von einander so gehalten werden, daß alle Seitenflächen des einen parallel mit den Seitenflächen des andern sind, und der Lichtstrahl AB durch das erste Stück in die beyden BC, CD gespalten ist, jeder dieser beyden, ohne sich weiter zu spalten, in das andere Stück übergehe; daß aber der regelmäßig gebrochene, als DG, bloß die regelmäßige Brechung nach GH und der ungewöhnlicher Weise gebrochene bloß die ungewöhnliche Brechung nach EF leide. Es fand dieses auch noch statt,

wenn

wenn nur die Hauptschnitte beyder Stücke in derselben Ebene lagen, ohne daß die einander gegen über liegenden Flächen sich parallel zu seyn brauchten.

Lagen die Stücke so, daß ihre Hauptschnitte einen rechten Winkel mit einander macheten, die gegenüber liegenden Flächen mochten sich parallel seyn oder nicht: so ward der in dem ersten Stücke regelmäßig gebrochene Strahl in dem zweyten bloß nach der ungewöhnlichen Art, und der in dem ersten Stücke nach der ungewöhnlichen Art gebrochene in dem zweyten bloß nach der gewöhnlichen Art gebrochen.

In allen andern Lagen außer diesen beyden theileten sich die Strahlen DG, CE; aufs neue durch die Brechung an dem zweyten Krystalle, so daß der eine Lichtstrahl AB in viere gespalten ward, die bisweilen gleich helle waren, nachdem die Lage der Krystalle gegen einander geändert ward; zusammen aber waren sie nicht heller als der einzige Strahl AB.

Diese besondere Eigenschaft der gedoppelten Brechung besitzt, wie Huygens fand, der Isländische Krystall nicht allein. Er fand sie auch, aber nicht so merklich, am Bergkrystall. Denn durch Prismen, die er sich daraus nach verschiedenen Schnitten hatte schleifen und wohl poliren lassen, erschien eine Lichtflamme oder das Bley an den Fenstern gedoppelt, wiewohl die Bilder nahe an einander lagen. Darum tauget dieser so durchsichtige Körper zu Objectivgläsern in etwas langen Fernröhren nicht.

Gesetz der ungewöhnlichen Brechung nach Newton. fig. 98.

Newton scheint selbst keine eigene Versuche mit dem Isländischen Krystalle angestellet zu haben. Doch giebt er das Gesetz der ungewöhnlichen Brechung folgendermaßen an. Es sey ADBC die brechende Fläche des Krystalles, C der größte körperliche Winkel an dieser Fläche, GEHF die gegen über liegende Fläche, und CK eine senkrechte Linie auf diese, welche mit der Ecke CF einen Winkel von 19 Gr. 3 M. machet. Man ziehe KF, und nehme KL so groß, daß der Winkel KCL 6 Gr. 40 M. und LCF 12 Gr. 23 M. groß werde. Ist nun ST ein Lichtstrahl, der unter einem beliebigen Winkel bey T auffällt, so sey TV der regelmäßig, nach dem Brechungsverhältnisse 5 zu 3, gebrochene Strahl. Man ziehe VX parallel und gleich mit KL, nach derselben Seite hin, wohin L von K ab gerechnet liegt; und die Linie TX ist der ungewöhnlich gebrochene Strahl [i]).

Newtons Hypothese.

Newton ist auch der erste, der zur Erklärung dieser wunderbaren Erscheinungen eine wahrscheinliche Ursache angegeben hat, diese nämlich, daß die verschiedenen Seiten eines Strahles verschiedene Eigenschaften haben. Denn, saget er, nachdem er die zuletzt angeführten Huygenianischen Beobachtungen erzählet hat, wenn der Unterschied der Strahlen in Absicht auf die gewöhnliche und ungewöhnliche Brechung nicht eigenthümlich ist, sondern von neuen, dem Strahle bey der ersten Brechung ertheilten Modificationen herrühret, so müßten die drey nachfolgenden Brechungen

i) Newtoni Optices. L. 3. Qu. 17, p. 301. Ich habe diese vom N. angegebene Gesetze eingeschaltet. Er giebt keinen Beweis davon. Beruhet es vielleicht darauf, daß was für eine Ursache den Strahl CL, nach der Richtung KL, um die Weite KL von dem ungebrochenen Strahle CK entfernet, eben diese auch den Strahl TX nach derselben Richtung um dieselbe Weite von dem regelmäßig gebrochenen TV entfernen müsse? K.

chungen andere neue Veränderungen hervorbringen. Dieses geschieht aber in dem Versuche nicht, da ein Strahl immer nach der gewöhnlichen, ein anderer Strahl immer nach der ungewöhnlichen Art gebrochen wird. Haben demnach, fraget er, die Lichtstrahlen nicht verschiedene Seiten, die mit unterschiedenen eigenthümlichen (congenitis) Eigenschaften versehen sind? Denn aus dem zweyten Huygenianischen Versuche erhelle, daß es nicht zweyerley Gattungen Strahlen gebe, deren die eine beständig und in allen Lagen nach der gewöhnlichen Art, die andere beständig und in Lagen nach der ungewöhnlichen gebrochen werde. Jeder Strahl habe also gleichsam vier Seiten, wovon zwo, und zwar entgegengesetzte, machen, daß der Strahl nach der ungewöhnlichen Art gebrochen wird, sobald eine derselben nach der Gegend der ungewöhnlichen Brechung, (d. i. der Richtung der Linien KL, VX, fig. 98) in dem Krystalle gekehret ist; die beyden andern aber, wenn eine derselben nach dieser Gegend gewandt ist, doch nicht verursachen, daß der Strahl anders als auf die gewöhnliche Weise gebrochen wird. Weil nun diese Beschaffenheiten in den Strahlen schon vorhanden waren, ehe sie auf die zwote, dritte und vierte Fläche der Krystalle fielen, und durch die Brechung an diesen Flächen, so viel man wahrnehmen können, nicht verändert wurden; weil auch die Strahlen an allen diesen vier Flächen, nach einerley Gesetzen gebrochen wurden, so scheinen diese Beschaffenheiten den Strahlen ursprünglich eigen gewesen zu seyn [k].

Des P. Beccaria Bemerkungen.

Der Pater Beccaria verbessert Huygens und Newtons Wahrnehmungen von dem Bergkrystalle, den sie nicht so sorgfältig wie den Isländischen beobachtet hatten. Bey der doppelten Brechung in dem letztern fährt der Strahl durch zwo parallele Flächen ein und aus, bleibt daher ohne Farben; allein an dem Bergkrystalle sind die brechenden Flächen gegen einander geneigt, und darum wird der ausfahrende Strahl gefärbet. Er beschließt seine Bemerkungen mit der Frage, ob es außer diesen beyden Körpern nicht noch mehrere gebe, welche eine vielfache Brechungskraft besitzen. S'Gravesand, saget er, hatte ein Prisma aus Brasilianischem Kiesel, das an jedem Winkel eine gedoppelte Brechung, und zwar an jedem eine verschiedene wahrnehmen ließ. Er glaubet auch, daß man durch die Beobachtung der Anzahl der Brechungen in durchsichtigen Fossilien zu einer nähern Einsicht in den Bau und die Entstehungsart solcher Körper geleitet, und die Ursache aller Brechungen und Zurückwerfungen besser einzusehen in Stand gesetzet werden könne. Er selbst ist sehr geneigt diese Ursache in einem elektrischen Feuer zu suchen [l].

Martins Entdeckungen.

Dem so fleißigen Naturforscher, Hrn. B. Martin, haben wir noch verschiedene neue Beobachtungen von der Brechungskraft des Isländischen Krystalles zu danken. Er bemerket, daß dieser Körper, ungeachtet er talgartig [m]) und viel weicher als Glas ist, dennoch eine Politur fast so gut wie Glas anzunehmen im Stande ist, wenigstens so gut, daß er zu allen Absichten und Versuchen tauglich wird, wenn man Prismen

k) Newtoni Optices, L. 3. Qu. 18. p. 304.

l) Philos. Trans. vol. 52. p. 489.

m) Huygens und Newton rechnen den Isländischen Krystall auch unter die talgartigen Körper. Er ist aber ein Kalkspath. K.

Prismen aus ihm schleift, dergleichen Herr Martin verschiedene gemachet, und in seinen öffentlichen Lehrstunden gezeiget hat.

Versuche mit Prismen vom Isländischen Krystalle.

Die Versuche mit diesen Prismen, saget er, zeigen, daß nicht bloß eine zweyfache, sondern eine vielfache Brechung in dem Isländischen Krystalle vorgeht. Denn einige derselben zerspalteten den aufgefallenen Sonnenstrahl nur in zween Strahlen, deren jeder ein gefärbtes Bild der Sonne machete, das viel breiter und lebhafter gefärbet war, als es durch Glasprismen mit demselben brechenden Winkel zu seyn pfleget. Beyde Bilder sind einander ohne merklichen Unterschied gleich. Andere Prismen zertheilen das Sonnenlicht in vier Theile, deren jeder ein besonderes gefärbtes Bild der Sonne giebt. Diese vier Bilder sind beynahe auf gleiche Art und gleich stark gefärbet. Jeder Gegenstand erscheint durch diese Prismen vierfach, und allemal gefärbet.

Ja es giebt auch Stücke Isländischen Krystalles, woraus Prismen mit einer sechsfachen Brechungskraft werden, weil sie den Sonnenstrahl in sechs Theile spalten, sechs gefärbte Sonnenbilder hervorbringen, und jeden Gegenstand sechsfach vervielfältigen. Dergleichen Stücke sind aber nicht häufig. Er hat nur ein einziges gefunden, das helle genug war, ein gutes Prisma abzugeben. Als etwas ganz besonderes merket er an, daß von zwey Prismen aus demselben Stücke Krystalles, die fast gleiche Winkel hatten, das eine zwey Bilder, das andere sechs Bilder machete.

Prismen, die einzeln mehr als sechsmal das Bild vervielfältigen, konnte er nicht finden; wenn er aber zwey Prismen so zusammen stellete, daß der brechende Winkel dadurch größer oder kleiner ward, so verhielten sie sich wie die Factoren eines Products, das ist, sie brachten zusammen so viel Bilder hervor, als das Product der von jedem einzeln hervorgebrachten Bilder betrug. Ein Prisma von zwey Bildern, verbunden mit einem von sechs, brachte zwölfe hervor. Zwey Prismen, jedes von vier Bildern gaben sechszehn Bilder; eines von sechs Bildern und eines von vier gaben zusammen vier und zwanzig; und zwey, jedes von sechs Bildern, gaben sechs und dreyßig.

Parallele Ebenen zerspalten das Licht in Farben.

Das wunderbarste an dem Isländischen Krystalle schien Hrn. **Martin** folgendes zu seyn, daß wenn gleich die brechenden Flächen mit einander parallel waren, und der Strahl in der Ebene der senkrechten Brechung [n]) lag, dennoch das Licht nicht, ohne Farben zu bekommen, durchgieng, wie es sonst bey allen andern bekannten durchsichtigen Körpern der Fall ist. Es sey P O der einfallende Strahl, der auf die erste Fläche C G des Krystalles, in einem finstern Zimmer, fällt, und nach O L, O M gespalten wird. Auf der andern, mit jener parallelen Seite FH, zeiget sich wieder eine gedoppelte, aber von jener sehr verschiedene Art der Brechung der beyden Strahlen bey L und M. Denn ein Theil des Strahles O L wird nach L Q parallel mit dem einfallenden P O, wie es sonst gewöhnlich ist, gebrochen, der andere aber

Fig. 99.

n) So nennt Newton die Ebene, welche bey Huygens der Hauptschnitt heißt, oder die damit parallel gelegten. K.

aber wird von L nach T, gleichwie durch ein Prisma, nach Maßgabe der verschiedenen Brechbarkeit des Lichtes, auf die Seite zerstreuet, so daß das Licht nach LT gefärbet erscheint. Eben so wird auf der andern Seite der Strahl OM theils nach MR parallel mit OP gebrochen, theils nach MS zerstreuet und dabey gefärbet.

Von diesen drey Strahlen, welche die zwote Fläche bricht, werden drey verschiedene Bilder des Loches, wodurch der Strahl in das Zimmer gekommen ist, entstehen, das mittlere ist gedoppelt und entsteht von den nach LQ und MR gewöhnlicher Weise gebrochenen Strahlen. Die andern zween Strahlen LT, MS, entwerfen jeder ein farbichtes Bild des Loches im Fensterladen, soweit von den mittlern Bildern, daß die Winkel TLQ, RMS fünf bis sechs Grade groß sind. Die verschiedene Brechbarkeit äußert sich völlig so wie im Glase, nur stärker.

Ein einziger Isländischer Krystall machet 12 Bilder.

Er fand auch Krystalle, die statt wie jene drey Bilder in einer Reihe zu machen, drey Reihen von Bildern hervorbrachten, davon die mittlere zweyfach war, daß also überhaupt nicht weniger als zwölf deutliche Bilder des Loches im Fensterladen entstanden, wie es fig. 100 abgebildet ist. Die mit 1, 2, 3 bezeichneten liegen in der Ebene der senkrechten Brechung, und sind in diesem Stücke Krystall verdoppelt, in 4, 5, 6. Die Strahlen in dieser Ebene wurden aber auch zur Seite gebrochen, als nach 7, 8, 9, zu oberst, und nach 10, 11, 12 zu unterst. Alle diese Bilder lagen so ordentlich, daß sie einen Rhombus bildeten, der dem Schnitte der Ebene der senkrechten Brechung CFHG völlig ähnlich war.

fig. 100.

Sie waren auf mancherley Art gefärbet, die beyden mittlern bey 2 und 5 ausgenommen, die fast eben so weiß, als vorher aussahen. Doch hatten sie nicht alle einerley Farbe; denn einige waren fast ganz roth, andere gelb, andere grün, blau oder violet, nachdem sich die Lage des einfallenden Strahles gegen die brechende Fläche änderte. Die beyden Bilder bey 9 und 10 in den spitzigen Winkeln waren sehr schwach und unkenntlich, wenn der Gegenstand nicht sehr helle war. Ward der Krystall um seine Axe gedrehet, so drehete sich das ganze System der Bilder zugleich um, und der rothe Theil jedes Bildes war immer nach dem Bilde in der Mitte, der violetne abwärts gewandt.

Sonderbare Erscheinung.

Wenn Prismen aus dem Isländischen Krystalle, von zwey, vier oder sechs Bildern mit dem Parallelepipedo verbunden wurden, so vermehreten sie die Anzahl der Bilder in dem Rhombus, daß daraus 24, 48, 72 an der Zahl wurden, die fast alle sehr deutlich, und mit den prismatischen Farben regelmäßig geschmücket waren, so daß daraus eine Art von natürlichen gemalten Kronleuchter entstand, weit schöner, als es die Kunst der Schmelzarbeit je hervorbringen oder nachahmen könnte o).

Unerklärbarkeit dieser Erscheinungen.

Dies sind die Erscheinungen, welche unser Verfasser erzählet. Sie zu erklären, gesteht er selbst, wisse er nicht; glaubet aber, daß eine bisher noch nicht entdeckte Structur dieses Körpers, oder eine besondere Modification der Lichttheilchen, die Newton selbst noch nicht gekannt hat, sie verursachen möge. Es könnte auch, muthmaßet

o) Martins Essay on Island Crystal. p. 13.

muthmaßet er, die Ursache zum Theil in gewissen feinen Schatten liegen, die man an einigen polirten Stücken dieses Krystalles wahrnimmt; die Ebenen dieser Spalten stehen senkrecht auf die Ebene der senkrechten **Brechung** und sind parallel mit der geraden Linie CF in fig. 94. Man erkennt diese Schatten durch die bunten Ringe, und sie sondern jedes von dem Parallelepipedum ein gleichwinklichtes Prisma ab. Huygens oder Newton thun ihrer keine Meldung, und Hr. Martin hat auch nur ein einziges Stück angetroffen, worinn sie recht deutlich zu sehen waren. Sie sind fig. 101. abgebildet, wo die punctirten Linien ihre Durchschnitte mit der Fläche des Krystalles anzeigen, die mit der Ebene der senkrechten Brechung DE rechte Winkel machen.

fig. 101.

Es ist Schade, daß Herr Martin von diesen merkwürdigen Erscheinungen keine genauere Umstände angegeben hat. So weis man nicht einmal, wie man es anfangen müsse, diese Versuche zu wiederholen, weil er weder die brechenden Winkel seiner Prismen, noch die Lage ihrer Seitenflächen gegen die eigenthümlichen Seitenflächen des Krystalles angegeben hat. Indessen ist es doch gut, daß man von diesen Erscheinungen unterrichtet ist, und man muß hoffen, daß wenn ein Naturforscher so glücklich seyn wird, sie wieder zu erwischen, die Gesetze derselben genauer werden beschrieben werden, um den Ursachen nachspüren zu können. Eine Hauptschwierigkeit bey diesen Untersuchungen ist, daß der Isländische Krystall nicht allein schwer zu poliren, sondern auch selten durchsichtig genug zu diesen Versuchen zu finden ist.

Neunter Abschnitt.

Von dem Lichte faulender Körper, einiger Fische, des Seewassers und der Phosphoren.

Licht ohne Wärme.

Ueberhaupt gehöret ein starker Grad von Hitze dazu, einen Körper zum Leuchten zu bringen; doch leidet dies bey faulenden Körpern, Phosphorus, wie auch bey Leuchtwürmern, und in andern ähnlichen Fällen eine Ausnahme. Des Lichtes, welches faulende Substanzen aus dem Thier- und Pflanzenreiche, wie auch Leuchtwürmer von sich geben, erwähnet schon **Aristoteles**. **Thomas Bartholinus** führet vier Gattungen von leuchtenden Insecten an, zwo mit Flügeln, und zwo ohne Flügel; allein in heißen Ländern sollen nach dem Berichte der Reisenden noch weit mehrere zu finden seyn. **Columna**, ein fleißiger Naturforscher bemerket, daß ihr Licht nicht gleich nach dem Tode des Thieres aufhöret [a]).

Leuchtendes Fleisch. Erstes Beyspiel.

Die erste umständliche Nachricht von dem an faulendem Fleische wahrgenommenen Leuchten finde ich bey dem **Fabricius ab Aquapendente**, der erzählet, daß an einigen Stücken Lammfleisch, das von drey jungen Leuten zu Padua, die sich am Ostertage 1592 eine Mahlzeit von einem Lamme bereitet hatten, auf den folgenden Tag zurückgeleget war, zufälliger Weise im Finstern ein Glanz bemerket ist. Ein

a) Bartholinus de luce animal. p. 206.

Ein Theil dieses leuchtenden Fleisches wurde sogleich an den Fabricius, der daselbst Professor der Anatomie war, geschicket. Er bemerkete, daß sowohl das magere als das fette dieser Stücke einen weißlichten Glanz hatte, und das etwas junges Ziegenfleisch, das von ohngefehr dichte daran gelegen hatte, zugleich mit leuchtend geworden war; wie es auch die Finger und andere Theile des Körpers derjenigen Leute wurden, die dieses Fleisch anrühreten. [b]) Am helleſten glänzete das Fleisch an denen Stellen, welche am weichsten anzufühlen waren, und gegen eine Lichtflamme gehalten, durchsichtig schienen; wo aber das Fleisch dick und dichte war, oder wo ein Knochen nahe unter der Außenfläche lag, da glänzete es nicht [c]).

Zweytes Beyspiel.

Die nächste Beobachtung einer solchen Erscheinung, welche ich angemerket finde, ist erst die von **Bartholinus** gemachte, welche er in seiner sinnreichen Schrift de luce animalium mit vielem Gepränge beschreibt. Eine alte arme Frau zu Montpellier hatte 1641 ein Stück Fleisch auf dem Markte gekaufet, welches sie den folgenden Tag kochen wollte. Sie hatte es in ihre Schlafkammer aufgehängt, und, da sie eben die Nacht nicht schlafen konnte, sahe sie einen solchen Glanz an dem Fleische, daß die Stelle, wo es hieng, ganz helle davon ward. Ein Stück dieses leuchtenden Fleisches ward dem Gouverneur der Stadt, **Heinrich Bourbon**, Herzog von Condé, überbracht, der es einige Stunden lang, mit größtem Erstaunen betrachtete. Das Licht dieses Fleisches schien weißlicht, und war nicht über der ganzen Fläche desselben verbreitet, sondern nur an gewissen Stellen sichtbar, als wenn eine Anzahl Diamanten von ungleichem Glanze darüber verstreuet gewesen wäre. Man bewahrte das Fleisch auf, bis es faul zu werden anfieng, worauf das Licht verschwand, welches, wie sich einige andächtige Leute einbildeten, in der Gestalt eines Kreuzes geschahe [d]).

Boyleus Versuche.

Von einem so allgemeinen Experimentalisten, wie **Boyle**, wird man natürlicher Weise erwarten, daß er dergleichen leuchtende Körper vermittelst seiner Luftpumpe wird untersuchet haben. Wirklich machete er auch mit verfaultem Holze einen Versuch, und fand, daß es im luftleeren Raume zu leuchten aufhörete, und seinen Glanz wieder erhielt, wenn die Luft wieder hineingelassen wurde, selbst wenn es lange Zeit in dem luftleeren Raume geblieben war. Nur verschwand der Glanz nicht sogleich ganz völlig, nachdem die Luft ausgepumpet war, sondern erst eine kurze Zeit nachher. [e]). Zwar konnte er in einer verdichteten Luft keine Vermehrung des Leuchtens bemerken; welches er aber daher erklärete, daß er von dem Verhältnisse des Lichtes durch ein so dickes und trübes Glas, wie er damals brauchte, zu urtheilen nicht im Stande war. Doch finde ich, daß das Licht eines leuchtenden Fisches, der in eine Compressions-Maschine vor der königl. Gesellschaft im Jahr 1668 gebracht war, lebhafter geworden ist. [f]) Seine vornehmsten Versuche hat Boyle im October 1667 gemacht.

Dieser

b) Bartholinus de luce animal. p. 183.
c) Aquapendente de visione, p. 45.
d) Bartholinus de luce anim. p. 184.
e) Boyle's works, vol. 3. p. 156.
f) Birch's history, vol. 2. p. 254.

Dieser Naturforscher erstreckete seine Aufmerksamkeit auf mancherley zu dieser merkwürdigen Erscheinung gehörige Umstände. Unter andern fand er, daß es um den Glanz fortdauernd zu erhalten, nicht nöthig sey, dem verfaulten Holze frische Luft zu geben; denn es leuchtete noch lange Zeit nachher, nachdem es in eine sehr kleine zugeschmolzene Glasröhre gethan war g), auch, wenn diese Röhre unter einem luftleeren Recipienten lag. Eben dieses traf auch mit einem leuchtenden Fische ein, den er in Wasser gethan und übrigens eben so, wie das Holz behandelt hatte h). Ferner bemerkete er an dem Glanze leuchtender Fische und verfaulten Holzes sonst noch einiges ähnliches, nur daß das letztere in Wasser, Weingeist, allerhand Salzsohlen und andern Flüßigkeiten seinen Glanz sogleich verlohr i). Wasser aber löschete doch nicht das Licht einiger Stücke leuchtenden Kalbfleisches sogleich aus, welches Weingeist den Augenblick that k).

Von leuchtenden Fischen.

Oft sahe Boyle seine Versuche mit leuchtenden Fischen mislingen, ungeachtet er sie so genau, als es ihm vorkam, ganz auf dieselbe Art behandelte, wie andere, die vorher geleuchtet hatten. Einmal da sie nicht leuchten wollten, bemerkete er, daß das Wetter veränderlich, und einige Tage mit Frost und Schnee vermischet war l). Ueberhaupt gebrauchete er Weißfische, (whitings) die er als die schicklichsten zu seiner Absicht fand m). Doch finde ich in einem Vortrage von der Königl. Gesellschaft im Jahre 1681. behauptet, daß von allem, was zu den Fischen gehöret, nichts so sehr leuchte als gekochte Eyer von Hummern n). **Oliger Jacobäus** erzählet, daß ein Seepolype, da er geöffnet ward, so helle geleuchtet, daß einige Zuschauer darüber in Schrecken gerathen; und führet dabey an, daß dieses Thier, jemehr es in die Fäulung übergegangen, desto leuchtender geworden sey. Die Nägel und die Finger dererjenigen, die es berühreten, wurden auch leuchtend; es leuchtete sogar die schwarze Feuchtigkeit, die aus diesem Thiere quoll, und die seine Galle war, aber freylich nur schwach o).

Boyle von leuchtendem Fleische.

Es war zufälliger Weise, daß **Boyle** am Speisefleische ein Leuchten beobachtete. Den 15. Februar 1672. ward einer von seinen Bedienten durch ein leuchtendes Stück Kalbfleisch sehr in Schrecken gesetzet, welches man einige Tage aufgehoben hatte, das aber ohne allen übeln Geruch und ganz eßbar war. Der Bediente hinterbrachte seinem Herrn diese wunderbare Begebenheit sogleich, und dieser, ob er gleich schon sich schlafen geleget hatte, ließ es alsobald vor sich bringen, und betrachtete es mit größter Aufmerksamkeit. Weil er muthmaßete, es möchte der damalige Zustand der Atmossphäre einigen Antheil an dieser Erscheinung haben, so führet er bey der Beschreibung derselben an, daß der Wind Südwest und unruhig, die

g) Boyle's works, vol. 3. p. 158.
h) Ibid. p. 163.
i) Ibid. p. 166.
k) Ibid. p. 170. (Wegen der antiseptischen Kraft des Weingeistes, der alle innerliche Bewegung hemmet, und damit auch die Wirkung derselben, dieses Leuchten, aufhebet. K.)
l) Boyle's works, p. 162.
m) Ibid. p. 163.
n) Birch's history, vol. 2. p. 70.
o) Acta Hafnienfia, vol. 5. p. 282.

die Witterung für die damalige Jahreszeit warm, der Mond über das letzte Viertel, und die Höhe des Quecksilbers im Barometer $29\frac{3}{16}$ Zoll war p).

Kälte hemmet das Leuchten.

Boyle machet eine umständliche Vergleichung zwischen dem Lichte glühender Kohlen und dem Lichte eines leuchtenden Fisches oder Holzes, zu zeigen, worinn sie übereinkommen, oder von einander abgehen. Unter andern bemerket er, daß eine sehr starke Kälte dem Holze das Leuchten benimmt, wie er erfuhr, da er es in eine Glasröhre that und in eine erkältende Mischung hielt q). Vielleicht mochte die strenge Kälte die Fäulung, welche die Ursache des Lichtes ist, hemmen. Ferner bemerkete Boyle, daß verfaultes Holz durch das Leuchten nicht abzehrete, und daß man mittelst des Thermometers nicht den geringsten Grad von Hitze daran entdecken konnte.

Leuchtende Art von Muschel.

Es ist eine merkwürdige Gattung von Muschel, Pholas genannt, die sich selbst Hölen in allerley Arten Gestein u. dgl. machet. Man findet sie und ihre Zellen in den Pariser Memoiren vom Jahre 1712. auf der 7. Kupfertafel fig. 1. 2. abgebildet. Daß dieser Fisch leuchte, hat schon Plinius bemerket r), welcher dabey anführet, daß er sogar in dem Munde desjenigen, der ihn ißt, es thut, und desselben Hände und Kleid, wenn er sie berühret, auch glänzend machet. Er erinnert dabey, daß der Glanz dieses Fisches von der Feuchtigkeit, die er an sich hat, herrühre. Unter den Neuern haben die Umstände bey dem Leuchten dieses Thieres Reaumür und die Bononischen Akademisten am sorgfältigsten beobachtet; und unter den letztern besonders Beccarius, eben der, welcher sich mit der Untersuchung des phosphorischen Lichtes so viel Mühe gegeben hat.

Reaumür bemerket, daß, anstatt daß andere Fische leuchtend werden, wenn sie in die Fäulung übergehen, dieser desto stärker glänzet, je frischer er noch ist; daß man ihm die Kraft zu leuchten, wenn er getrocknet ist, durch Benetzung mit süßem oder salzigem Wasser wiedergiebt; daß aber Branntewein sie ihm augenblicklich benimmt s). Das Leuchten dieses Fisches immerwährend zu machen, versuchte er zwar, konnte aber auf keine Weise damit zu Stande kommen t).

Die Bononischen Akademisten wurden auf diese Sache im Jahre 1724 durch Marsigli aufmerksam gemachet, der eine Parthey dieser Fische und des Gesteines, worinne sie anzutreffen sind, nach Bononien brachte, um sie der Akademie zur Untersuchung vorzulegen.

Erfahrungen mit dem Wasser, welches durch sie leuchtend gemachet ist.

Beccarius fand, daß dieser Fisch zwar aufhöre zu leuchten, wenn er faul wird, daß er aber, so faul als er auch immer geworden seyn mag, zu leuchten anfängt,

p) Birch's history, vol. 2. p. 169.

q) Ibid. p. 166.

r) Hist. nat. L. 9. cap. 61. Er nennt sie Dactylos. K.

s) Es kann seyn, daß dieser Fisch auch lebend, vielleicht aber nur zu gewissen Zeiten leuchtet: aber das Leuchten wenn er getrocknet ist, muß doch von der innerlichen Bewegung oder angehenden Fäulniß abhängen, weil es sich nicht anders ereignet, als wenn der Fisch mit Wasser, diesem unentbehrlichen Mittel zur innerlichen Bewegung benetzet ist, und durch Weingeist sogleich gehoben wird. C.

t) Mem. de l'Ac. de Paris, 1723. p. 290.

fängt, und das Wasser, worinn er liegt, helle machet, wenn man ihn mit demselben schüttelt u). **Galeatius** und **Montius** fanden, daß Wein oder Weinessig v) dem Leuchten ein Ende macheten, daß es im gewöhnlichen Oele einige Tage fortdauerte, aber in rectificirtem Weingeiste oder Urin kaum eine Minute sich erhielt w).

Zu erfahren, wie dieses Licht sich bey verschiedenen Graden der Wärme verändert, nahmen sie ein Reaumürsches Thermometer, und fanden, daß das Wasser, welches durch diese Fische zum Leuchten gebracht war, an Helligkeit zunahm, bis daß die Hitze auf 45 Grad stieg, worauf aber das Leuchten plötzlich aufhörete, und nicht wieder hergestellet werden konnte x).

Beccarius goß sowohl eine Solution von Seesalz, als eine von Salpeter zu dem leuchtenden Wasser; die erste verstärkete das Leuchten, die zwote nicht so sehr. Salmiak verminderte es ein wenig, zerflossen Weinsteinsalz vertrieb es beynahe, und Säuren benahmen es ganz und gar y). Dieses Wasser wurde noch leuchtender, wenn es auf frisch calcinirten Gyps, Bergkrystall, Bleyweiß oder Zucker gegossen ward. Wie er hernach leuchtende Milch brauchete, fand er, daß ihr Licht durch Vitriolöl vertrieben, aber durch Weinsteinsalz verstärket ward z).

Wirkung dieses Lichtes auf gefärbte Körper.

Er hatte auch den Einfall, zu versuchen, was diese Art Licht für Wirkung auf Körper von verschiedenen Farben haben würde. Zu dem Ende tauchete er in Wasser, das durch die Fische leuchtend gemachet war, Bänder von allerhand Farben, und der Erfolg war, daß das weiße am hellesten ausfiel, das gelbe diesem am nächsten kam, worauf das grüne folgete; die andern Farben waren fast gar nicht kenntlich. Man sahe aber in diesem Falle nicht sowohl eine besondere Farbe, sondern bloß Licht. Darauf tauchete er auch Bretter von allerhand Farben, auch Glasröhren, die verschiedentlich gefärbte Sachen enthielten, in das Wasser. Auf beyderley Art war das rothe fast nicht zu erkennen, gelb schien am hellesten, violet

u) Comm. Bonon. vol. 2. p. 232.

v) Wein und Weinessig hemmen gleichfalls alle innerliche Bewegung auf eine beträchtliche Art; eben das thut das im Harne vorhandene flüchtige alkalische Salz. *C.*

w) Comm. Bonon. vol. 2. p. 254.

x) Ibid. p. 256. (Eine mäßige Wärme vermehret die innerliche Bewegung; eine zu große Hitze hindert sie. S. Essay sur la putrefaction par Gardanne. *C.*)

y) Comm. Bonon. vol. 2. p. 257. (Salmiak vermindert das Leuchten, weil er durch seine Erkältung die innerliche Bewegung schwächet; zerflossen Weinsteinsalz ist ein mächtiges Gegenmittel der Fäulung; noch stärker und kräftiger die Säuren. S. Pringle on septic and antiseptic substances — Gardanne. *C.*)

z) Comm. Bonon. vol. 2. p. 262. (Gyps wird durch starkes Calciniren von seiner Säure fast befreyet, und die Kalkerde ist allerdings septisch. — Bey dem Zucker kömmt es auf die Menge desselben an: etwas weniges befördert die innerliche Bewegung, sehr viel hemmet sie, wie die in Zucker eingemachten und erhaltenen Vegetabilien beweisen. — Daß die leuchtende Milch durch die concentrirteste Säure ihres Lichtes beraubet wurde, ist natürlich: wenn aber das Weinsteinsalz dasselbe vermehret hat, muß davon nur sehr wenig genommen worden seyn, dieses wenige aber die in der Milch versteckte Säure absorbirt, und daher zur innerlichen Bewegung fähiger gemachet haben. *C.*)

am trübsten, doch kam auf den Brettern das blaue dem gelben fast gleich, und das grüne war matter; dagegen mit den Glasröhren das blaue schwächer am Lichte war als das grüne [a]).

Andere Versuche.

Unter allen Flüßigkeiten, in welche er die Pholaden brachte, ward Milch am leuchtendsten gemachet. Eine einzige Pholas ertheilete sieben Unzen Milch einen solchen Glanz, daß man dadurch die Gesichter der Umstehenden zu unterscheiden im Stande war. Sie sah wie durchsichtig aus [b]).

Zur Hervorbringung dieses Lichtes schien die Luft nothwendig zu seyn. Denn da **Beccarius** leuchtende Milch in Glasröhren goß, konnte er sie durch kein Schütteln zum Leuchten bringen, wenn nicht Luftblasen mit ihr vermischet waren [c]). Desgleichen bemerkten **Montius** und **Galeatius**, daß unter einem luftleeren Recipienten die Pholaden ihr Leuchten verlohren, wiewohl Wasser bisweilen leuchtend blieb; ein Umstand, den sie dem Aufsteigen der Luftblasen in dem Wasser zuschrieben [d]).

Dauer dieses Leuchtens.

Beccarius sowohl als **Reaumür** versucheten auf allerhand Art der Vergänglichkeit des Leuchtens dieser Pholaden abzuhelfen. Zu dem Ende knetete jener den Saft dieses Thieres mit feinem Weizenmehle zu einem Teige, und fand, daß dieser in warmes Wasser getauchet Licht von sich gab; am besten gelang es, wenn der Fisch in Honig aufbewahret ward. Auf jede andere Art wollte sich das Leuchten nicht länger als ein halbes Jahr erhalten lassen, aber mit Honig ließ es sich über ein Jahr erhalten, und selbst alsdenn noch leuchtete die Masse, wenn sie in warmes Wasser getauchet war, so gut wie nur jemals vorher [e]).

Einige Aehnlichkeit mit diesen Wahrnehmungen an den Pholaden, hat die, welche an feuchtem aber nicht verfaultem Holze gemachet ward, das im Finstern sehr stark glänzete [f]).

Leuchtende Fische und Salzbrühe.

Einige gute Wahrnehmungen von dem Leuchten gewisser Fische, und der Salzbrühe, in welcher sie gelegen haben, machete Dr. **Beal** schon im Jahre 1665. und man hätte dadurch, wenn man diese Erfahrungen besser genutzet hätte, vielleicht hinter die Ursache dieser Erscheinungen kommen können. Da seine Köchinn gekochte Makreelen mit Salz und süßen Kräutern in Wasser gethan hatte, und nach einiger Zeit sie umrührete, um einen Theil heraus zu nehmen, fand sie gleich bey der ersten Bewegung des Wassers, daß es sehr helle ward, und daß die Fische, welche durch das Wasser heraus leuchteten, den Glanz desselben sehr vermehreten. Das Wasser hatte eigentlich keine Farbe, sondern war dicke und schwärzlicht; dennoch leuchtete es, wie es umgerühret ward, und die Fische noch mehr als das Wasser. Wo Tropfen dieses Wassers, wenn es umgerühret war, hinfielen, leuchteten sie, und die Kinder vom Hause belustigten sich damit, dergleichen Tropfen auf die Hand zu nehmen und damit herumzulaufen. Die Köchinn bemerkte, daß die untere Seite dieses Fisches nicht leuchtete, wie auch, daß das Wasser, wenn es einige

a) Comm. Bonon. vol. 2. p. 260.
b) Ibid. p. 261.
c) Ibid. p. 264.
d) Ibid. p. 268.
e) Ibid. p. 273.
f) Acta Caesariensia, vol. 5. p. 485.

nige Zeit sich zu setzen gehabt hatte, seinen Glanz verlohr. Den folgenden Tag leuchtete das Wasser nur schwach, wenn man es nicht sehr stark umrührete, wiewohl die Fische sowohl inwendig als auswendig zu leuchten fortfuhren, insbesondere um den Schlund, und an denen Stellen, die durch das Kochen etwas entzwey gegangen zu seyn schienen.

Dr. Beal untersuchete ein Stück eines Fisches, der den Abend zuvor stark geglänzet hatte, mit Hülfe des Vergrößerungsglases im Sonnenlichte, fand aber daran nichts merkwürdiges, außer daß, wie es ihm vorkam, ein mehr schwärzlicher als leuchtender Dampf, wie ein feiner Staub von dem Fische aufstieg, und einige sehr kleine, fast unmerkliche Funken sich hin und wieder daran zeigeten. Wegen der Funken hielt er sich sicher, aber der Dampf war, seiner Meynung nach, vielleicht nur ein Augenbetrug oder Staub, der sich in der Luft aufgehalten.

Weil der Fisch ganz trocken geworden war, benetzete er ihn mit seinem Speichel, und fand, daß er nunmehr etwas Licht von sich gab, das aber nur kurze Zeit dauerte. Er war damals weder stinkend, noch für eine feine Zunge unschmackhaft geworden. Zweene von diesen Fischen bewahrete er zu fernern Versuchen zween bis drey Tage auf; sie wurden aber wegen des sehr heißen Wetters stinkend, und wollten, wider seine Erwartung, nicht mehr leuchten, so wenig als das Wasser, wenn es gleich umgerühret ward g).

Martins Beobachtungen von dem Leuchten der Fische.

Hr. A. R. **Martin** hatte schon vielerley Versuche mit dem Leuchten der Fische angestellet, ehe er fand, daß man ihm in dieser Untersuchung schon lange zuvor gekommen war. Indessen sind doch manche seiner Beobachtungen neu und wichtig. Allen Seefischen glaubete er die Eigenschaft des Leuchtens zuschreiben, und den Fischen aus inländischen Wassern sie absprechen zu können. Die Farbe der Fische that nicht viel zur Sache, doch fand er, daß weiße Fische, zumal die mit weißen Schuppen am besten glänzeten. Die Besprengung mit Salze, oder eine gelinde Erwärmung vermehreten das Leuchten, welches aber bey stärkerem Feuer verschwand. Dieses stimmet mit andern von ihm gemachten Beobachtungen überein, daß die Fische so lange leuchten, als noch etwas Feuchtigkeit an ihnen bleibt, und daß diese Feuchtigkeit höchst flüchtig ist. Denn da er die leuchtende Materie mit einem Messer vom Blackfische abnahm, verschwand ihr Glanz, sobald sie nur im geringsten der Wärme eines brennenden Lichtes genähert wurde, obgleich noch eine klebrichte, braune, ölichte Feuchtigkeit übrig blieb, die im Feuer gebrannt, sich in Blasen auflöset. Fleisch von Vögeln und Thieren leuchtet zwar, saget er, aber nicht so lebhaft, wie das von Fischen h). An einem Orte, wo eine Leiche 14 Tage lang gestanden, habe er eine sonderbare graue Feuchtigkeit bemerkt, die sich wie ein Dampf an der Kammer allenthalben angesetzet, und schwer abzubringen gewesen; vermuthlich, saget er, würde er daselbst Wände und Dach leuchtend gefunden haben.

 Man

g) Philos. Trans. abr. vol. 3. p. 639.

h) Daß die Fische lebhafter leuchten, als andere Thiere, rühret daher, weil sie leichter in Fäulniß gehen. *C.*

Man könne hieraus auch den Glanz erklären, den man in den Gräbern der Alten gesehen, und für ewige Lampen gehalten hat [i]).

Boyle von dem Leuchten der See.

Daß die See manchmal leuchtet, besonders wenn sie durch das Schlagen der Ruder oder durch das Anstoßen gegen ein Schiff in Bewegung gesetzet wird, ist von vielen mit Bewunderung bemerket worden. Boyle erzählet uns erst alle Umstände dieser Erscheinung, so gut er sie von Seefahrern mitgetheilet bekommen konnte: als daß die See bisweilen, so weit das Auge reichen kann, leuchtet, und zu anderer Zeit es nur thut, wenn das Wasser an einen Körper anschlägt; daß in einigen Gewässern diese Erscheinung mit gewissen Winden verknüpfet ist, in andern nicht; daß bisweilen ein Theil der See leuchtet, ein anderer benachbarter nicht; und beschließt seine Nachricht mit der Erklärung, daß er diese sonderbaren Erscheinungen an großen Wassermassen, nicht wohl anders als von gewissen allgemeinen Gesetzen unserer Erdkugel oder doch unsers planetarischen Wirbels herzuleiten wisse [k]). Allein wir werden finden, daß dieser Naturforscher sich viel zu hoch nach der Ursache dieser Begebenheit, so groß und prächtig sie auch in die Augen fällt, umsieht.

Des P. Bourzes Wahrnehmungen.

Der Pater Bourzes beobachtete auf seiner Reise nach Indien im Jahre 1704. das Leuchten der See mit Aufmerksamkeit, scheint aber doch nicht die wahre Ursache davon, nämlich die faulende Materie in der See, errathen zu haben, ungeachtet die von ihm angeführten Umstände ihn darauf hätten bringen müssen. Bisweilen war das Licht so stark, daß er den Titel eines Buches dabey lesen konnte, ob er gleich neun bis zehn Fuß über der Oberfläche des Wassers stand. Manchmal konnte er auf der Spur des Schiffes im Wasser die leuchtenden und nicht leuchtenden Theile unterscheiden. Die erstern hatten nicht alle einerley Gestalt, sondern sahen zum Theil wie leuchtende Puncte aus, oder so wie Sterne dem bloßen Auge vorkommen; zum Theil wie Kugeln, einige von einer bis zwo Linien im Durchmesser, von der Größe eines Menschenkopfes. Bisweilen bildeten sie Rechtecke, drey bis vier Linien lang, und eine oder zwo breit. Zu Zeiten waren alle diese verschiedenen Figuren auf einmal zu sehen, und bisweilen zeigeten sich Lichtwirbel, wie er es nennt, welche zu einer gewissen Zeit plötzlich, wie Blitze, erschienen und verschwanden.

Nicht bloß die Spur des Schiffes im Wasser war es, welche solchergestalt leuchtete, sondern auch die Fische bezeichneten ihren Weg durch einen so lichten Strich, daß man sie der Größe und Gattung nach erkennen konnte. In dem aus der See geschöpften Wasser sahe er allemal, wenn er es mit der Hand im Dunkeln nur ganz wenig umrührete, eine unzählige Menge Lichttheilchen. Eben diese nahm er auch an Stücken Leinewand wahr, die er in die See getauchet hatte, wenn er sie im Dunkeln auswand, auch dann noch, wenn sie halb trocken waren. Die Funken, welche auf einen harten Körper fielen, behielten einige Stunden lang ihren Glanz.

Den

i) Schwed. Abhandl. 23 B. S. 225. k) Philos. Trans. vol. 59. p. 450.

Seine Erklärung.

Den Hauptgrund dieser Erscheinung suchet dieser Ordensgeistliche hauptsächlich in der Beschaffenheit des Seewassers, weil er zuverläßig bemerkt zu haben glaubete, daß das Wasser, je fettiger und schäumender es war, desto stärker leuchtete. Denn auf der offenbaren See, saget er, ist das Wasser nicht allenthalben gleich reine, und Leinewand, die man darein tauchet, ist bisweilen schmierigt, wenn man sie wieder herauszieht; auch bemerket er, daß das Seewasser zu der Zeit, wenn die Spur des Schiffes am hellesten glänzete, am fettesten und schmierigsten war, und daß Leinewand, die damit befeuchtet worden, lebhaft glänzete, wenn man sie stark schüttelte. Ferner nahm er an einigen Stellen der See eine Materie, wie Sägespäne, wahr, die bisweilen roth, bisweilen gelb aussah, und hier befand er das Wasser, welches er schöpfete, allemal schmierigt und klebricht [l]). Die Seeleute erzähleten ihm, daß dieses Wallrath wäre, welches man nach Norden hin in großer Menge anträfe, wo die See weit und breit helle leuchtete, ohne daß sie von einem Schiffe oder Fische in Bewegung gesetzet würde.

Zur Bestätigung seiner Meynung, daß das Seewasser desto mehr leuchtet, je klebrichter es ist, führet er an, daß sie eines Tages einen Fisch, **Boneta** genannt, gefangen, dessen Maul inwendig so helle gewesen, daß er bloß durch dessen Licht eben die Schrift habe lesen können, die er zuvor bey dem Scheine der Schiffsspur gelesen hatte; und daß das Maul dieses Fisches voll von einer klebrichten Materie gewesen, die ein Stück Holz, sogleich als sie darauf geschmieret worden, leuchtend gemachet habe, wiewohl dieser Glanz alsobald, da die Materie trocken geworden, verschwunden sey [m]).

Nollet leitet es von Insecten her.

Der Abbe' **Nollet** gab sich bey seinem Aufenthalte zu Venedig im J. 1749. viele Mühe, die Ursache des Leuchtens des Seewassers zu erforschen, und glaubete endlich dieselbe in einem gewissen leuchtenden Insecte zu finden, das er auch umständlich beschreibt [n]). Auf eben diese Vermuthung war schon vorher **Vianelli** Doctor der Arzneykunst zu Chioggia in der Nachbarschaft von Venedig gekommen, der nebst **Grizellini**, einem Arzte zu Venedig, Zeichnungen der Insecten, welchen sie das Leuchten zugeschrieben, bekannt gemachet haben [o]).

Der Abbe' ward in seiner Meynung durch eine Beobachtung bestärket, welche er einige Zeit nachher von der Bewegung einiger leuchtenden Theilchen in der See machete. Als er in dem Hafen zu Porto fino das Seewasser leuchtend fand, legete er sich mit dem Bauche auf die Erde am Ufer, und streckete seinen Kopf über die

Oberfläche

l) Die Fettigkeit und Schmierigkeit zeiget die große Menge von faulenden Theilen an, die sich zu der Zeit im Seewasser befinden, welches eben deswegen desto stärker leuchten muß. *C.*)

m) Philos. Trans. ab. vol. 5. p. 213.

n) Mem. de l'Ac. de Paris, 1750. p. 88. (Es war nur ein paar Stunden vor seiner Abreise, daß Nollet diese Beobachtung machete, und nachher konnte er nie wieder gute Gelegenheit finden, sie zu wiederholen. *K.*)

o) Der erste in einer Schrift, nuove scoperte intorno le luci notturne dell' acqua marina etc. Der zweyte in einer französischen Schrift, nouvelles observations sur la scolopendre marine. Nach der Zeichnung und Beschreibung beyder Verfasser ist es eine scolopendra. Nollet a. a. O. *K.*)

Oberfläche der See hinaus, worauf er diese Theilchen von dem mit Seegrase bewachsenen Boden bis ganz herauf auf eben die Art springen sahe, wie es Insecten zu thun pflegen. Allein, wenn er sie haschen wollte, fand er bloß leuchtende Flecke auf seinem Schnupftuche, die durch den Druck seiner Finger breiter wurden.

le Roi will es den Insecten nicht zuschreiben.

Herr le Roi, der gleich nachher, nachdem Nollet diese Wahrnehmungen gemachet, eine Reise auf dem mittelländischen Meere that, bemerkete, daß das Vordertheil des Schiffes im Seegeln bey Tage eine Menge kleiner Theilchen in die Höhe warf, die im Zurückfallen ein paar Secunden lang auf der Oberfläche der See hinrolleten, ehe sie sich damit vermischten; und eben diese Theilchen, wie er es vermuthete, schienen bey Nacht feurig. An dem Wasser, das er aus der See schöpfen ließ, zeigeten sich eben die Funken, wenn es in Bewegung gesetzet ward; aber eben so wie es bey des Dr. Beal Versuche gieng, ereignete sich auch hier es, daß jede folgende Bewegung des Wassers weniger Licht hervorbrachte, als die vorhergehende, wofern man es nicht einige Zeit hatte ruhen lassen, in welchem Falle eine neue Bewegung es fast eben so glänzend machete, wie zu allererst [p]). Er fand, daß dieses Wasser die Eigenschaft, durch Bewegung leuchtend zu werden, einen bis zween Tage behielt, sie aber sogleich verlohr, wenn es an das Feuer gesetzet ward, ungeachtet es nicht zum Kochen kam [q]).

Nach sorgfältiger Untersuchung dieser Erscheinung war er gar nicht geneigt, sie irgend einigen leuchtenden Insecten zuzuschreiben, besonders weil er die mit seinem Schnupftuche aufgefangenen leuchtenden Puncte rund wie große Stecknadelknöpfe fand, ohne einige Merkmale, daß es Thiere seyn könnten, so genau als er auch sie durch das Vergrößerungsglas betrachtete. Er fand auch, daß ein wenig Weingeist zu frisch geschöpftem Seewasser gegossen, darauf eine große Menge kleiner Funken hervorzubringen im Stande war, die noch länger, als die auf der See befindlichen sichtbar blieben. Alle Säuren, wie auch manche andere Flüßigkeiten, thaten dieselbe Wirkung, wiewohl nicht so merklich; allein keine neue Bewegung konnte bey diesem Verfahren den Glanz wieder herstellen [r]). Inzwischen läugnet Hr. le Roi gar nicht, daß es leuchtende Insecten in der See gebe. Er giebt zu, daß die Herren Nollet und Vianelli dergleichen wirklich gefunden, behauptet aber, daß die eigentliche Hauptursache des Leuchtens der See noch eine andere sey, wiewohl er nicht einmal muthmaßlich davon etwas angiebt [s]).

Die vorher angeführten Wahrnehmungen des Pater Bourzes, machen es schon sehr wahrscheinlich, daß das Leuchten der See von schleimichten und andern faulenden

p) Wenn man es einige Zeit ruhen ließ, konnte während derselben neue Materie in Fäulung gehen, und dadurch leuchten. *C.*

q) Memoires presentés, vol. 3. p. 144. (Der Grad des Feuers, der hier so stark war, hemmete auf einmal die innere Bewegung. *C.*)

r) Diese große Menge Funken auf die Zugießung von Weingeist und Säuren entstand daher, weil diese, indem sie die innerliche Bewegung auf einmal plötzlich unterbrachen, alle die entwickelten Feuertheile in stärkere Bewegung brachten: neue konnten sich aber nicht entwickeln, weil wegen hinzugegossenen Weingeistes alle innerliche Bewegung aufhörete. *C.*

s) Memoires presentés, vol. 3. p. 152.

faulenden, in der See häufig vorhandenen Materien herrühre; allein einige neuere Versuche des Herrn Canton scheinen diese Erklärung entscheidend zu bestätigen. Man kann sie als eine Hrn. Canton eigenthümliche ansehen, weil Pater Bourzes, wenn er gleich das Leuchten der See von gewissen auf derselben schwimmenden Materien herleitet, dennoch ihren Uebergang in die Fäulung gar nicht als einen bey der Sache wesentlichen Umstand ansieht. Die Cantonischen Versuche sind um desto schätzbarer, weil sie so leicht sind, daß jeder sie nachmachen, und sich von der Richtigkeit der daraus hergeleiteten Folgerungen versichern kann.

Beweise aus Cantons Versuchen.

Am 14. Junius 1768. des Abends legete er einen kleinen frischen Weißfisch, (whiting) in ein Stübchen Seewasser, in eine etwa 14 Zoll weite Pfanne, und bemerkete, daß weder der Fisch noch das Wasser durch Bewegung leuchtend ward. Ein Fahrenheitisches Thermometer stand in dem Keller, wo die Pfanne hingesetzet ward, auf 54 Grad. Die folgende Nacht war derjenige Theil des Fisches, der mit der Oberfläche des Wassers gleich lag, leuchtend, das Wasser selbst war dunkel. Er fuhr mit dem Ende eines Steckens durch das Wasser, worauf es längst dem ganzen Wege, den der Stecken genommen, leuchtend ward, aber nirgendswo anders. Allein, wie er alles Wasser umrührete, ward es durchgehends leuchtend, und sahe wie Milch aus, so daß die Seiten der Pfanne davon helle wurden, und in diesem Zustande blieb es noch eine Weile, nachdem es wieder ruhig geworden war. Am hellesten war das Wasser, nachdem der Fisch 48 Stunden etwa darinn gelegen hatte, wollte aber nach drey Tagen nicht mehr leuchten, wenn es gleich umgerühret ward.

Darauf goß er ein Stübchen süßes Wasser in eine Pfanne, und eben so viel Seewasser in eine andere Pfanne, und that in jede einen frischen Hering etwa 6 Loth schwer. Die folgende Nacht war die ganze Oberfläche des Seewassers helle, ohne daß es brauchte umgerühret zu werden, leuchtete aber nach dem Umrühren weit mehr; desgleichen war der Obertheil des Herings, der ziemlich tief unter der Fläche des Wassers lag, sehr glänzend: allein das süße Wasser und der darinn befindliche Hering waren ganz dunkel. Auf der Oberfläche des Seewassers zeigeten sich hin und wieder einige sehr helle Tüpfelchen, und sie schien bey dem Scheine einer Lichtflamme über und über mit einem schmierigten Schaume bedecket zu seyn. Die dritte Nacht war das Licht des Seewassers, wenn es stille gestanden hatte, sehr wenig oder gar nicht geringer als zuvor; aber durch das Umrühren ward es so stark, daß man die Zeit auf einer Uhr dadurch erkennen konnte, und der Fisch in demselben schien wie ein dunkler Körper. Hierauf nahm das Licht augenscheinlich ab, wiewohl es nicht eher als mit der siebenten Nacht ganz verschwunden war. Das süße Wasser mit dem Fische darinne blieb diese ganze Zeit völlig dunkel. Das Thermometer war fast immer über 60 Grad.

Nun nahm er auch statt des Seewassers anderes, in welchem er so viel Seesalz aufgelöset hatte, daß es nach der Salzprobe gleiche eigenthümliche Schwere mit dem Seewasser bekam, zugleich schüttete er auch zwey Pfund Salz in ein anderes Stübchen Wasser, und legete sowohl in dieses als in jenes einen kleinen fri-

schen Hering. Den folgenden Abend war die ganze Fläche des künstlichen Seewassers leuchtend, ohne daß es umgerühret ward, und leuchtete noch besser, wenn dieses geschahe. In allem verhielte es sich genau so wie das wahre Seewasser; aber das andere Wasser, das beynahe so salzig als möglich war, wollte gar kein Licht von sich geben [t]). Der Hering, der aus diesem den siebenten Abend genommen, und von dem Salze ausgewaschen wurde, war derb und süß; der Hering aus dem ersten war weich und faulicht, und das noch mehr als ein anderer, der eben so so lange im süßen Wasser aufbehalten war. Wird ein Hering, bey warmer Witterung, in zehn Stübchen künstlichen Seewassers statt eines Stübchens geleget, so wird das Wasser, wie Hr. Canton gefunden, noch immer leuchtend, nur nicht so stark wie sonst gefunden werden.

Aus diesen Versuchen erhellet, daß das im Seewasser enthaltene Salz die Fäulung befördert, welches mit des Sir John Pringle merkwürdiger Beobachtung übereinstimmet [u]). Weil aber diejenige Menge Salz, welche just die Fäulung am meisten befördert, geringer ist, als die im Seewasser enthaltene, so schließt Herr Canton daher, daß das Seewasser, wenn es weniger salzig wäre, noch leuchtender seyn würde.

Große Hitze hemmet die Fäulung.

Aus einigen der ersten Wahrnehmungen von dieser Erscheinung erhellete, daß die Hitze faulenden Materien das Leuchten benahm, ein Umstand, worauf auch Hr. Canton Acht gegeben, als der bemerket, daß, wenn gleich die größeste Sommerhitze der Fäulung beförderlich ist, dennoch eine um zwanzig Grad größere Hitze als die Wärme des menschlichen Blutes, sie zu hindern scheine. Denn, da er ein kleines Stück eines leuchtenden Fisches in eine dünne Glaskugel gethan hatte, fand er, daß Wasser, welches bis zum 118. Grade erhitzet war, das Leuchten dieses Stückes in weniger als einer halben Minute vertrieb; daß es aber, wie es aus dem Wasser genommen ward, sein Licht in etwa 10 Secunden wieder bekam, wiewohl es niemals so helle wie zuerst glänzete.

Die vom Hrn. Martin vorher angeführte Bemerkung, daß er mit Fischen aus süßem Wasser vergebens versuchet hätte, sie zum Leuchten zu bringen, fand Hr. Canton auch richtig, nur daß er einmal doch durch ein Stück von einem Karpen das Wasser sehr leuchtend machete, wiewohl die Außenseite, oder der schuppichte Theil gar nicht glänzete.

Recept zum künstlichen Seewasser.

Denen zu gefallen, welche seine Versuche nachzumachen Lust haben möchten, führet er an, wie künstliches Seewasser ohne Salzprobe zu erhalten steht, nämlich durch vier Unzen Salz Avoir du poise Gewicht, vermischet mit sieben Nöseln Wasser, Weinmaaße [v]).

Vielleicht

t) Nach Sir John Pringle Versuche ist das mit sehr wenig Salz verbundene Wasser septisch; hingegen sehr viel Salz in wenig Wasser aufgelöset, antiseptisch. (Exper. 25.) Daher konnte der Hering in dem äußerst salzigen Wasser nicht faulen, also auch nicht leuchten. C.

u) On septic and antiseptic substances, exper. 25. C.

v) Philos. Transf. vol. 59. p. 446 sqq.

Irrlichter.

Vielleicht sind einige Arten faulender Materien, die stark leuchten, zugleich flüchtig, daß daher die feurige Erscheinung entsteht, welche man ignis fatuus zu nennen pfleget, die bey dem gemeinen Manne insbesondere so übel berüchtigte Irrwische. Diese lassen sich hauptsächlich an feuchten Orten, auch wohl auf Kirchhöfen, und in der Nähe von Misthaufen sehen. Nach dem Berichte der Reisenden werden sie besonders häufig in der Gegend um Bologna in Italien und in verschiedenen Gegenden von Spanien und Aethiopien angetroffen. Ihre Gestalt und Größe ist mancherley w).

Was sie seyn mögen.

Verschiedene Naturkündiger, insbesondere **Willoughby** und **Ray** haben geglaubet, daß diese Irrlichter von leuchtenden Insecten herrühreten; allein ohne wahrscheinliche Gründe für diese Meynung. **Newton** nennt sie einen leuchtenden Dunst ohne Hitze, und glaubet, daß zwischen diesem Dunste und einer Flamme eben ein solcher Unterschied sey, wie zwischen Holze, das ohne zu brennen leuchtet, und einer glühenden Kohle x). Die Richtigkeit dieses Gedanken, und die Uebereinkunft des Lichtes dieses ohne Hitze feurigen Dunstes mit dem Lichte faulender Materien, wird, wie ich glaube, aus den Beschreibungen erhellen, die uns Dr. **Derham** und **G. B. Beccari** davon geliefert haben.

Derhams Beobachtung.

Der erstere nahm einst auf einem morastigen Grunde, zwischen zween felsigten Hügeln, in einer dunkeln und stillen Nacht, einen Irrwisch wahr, und näherte sich demselben allmählig bis auf drey oder vier Ellen, daß er ihn also aufs bequemste beobachten konnte. Es hüpfete diese Erscheinung um einen verdorrten Dornbusch herum, als wegen einer kleinen, vermuthlich durch seine Annäherung verursachten Bewegung der Luft, sie nach einer andern Stelle fortsprang, und immer vor ihm her lief, so wie er sich derselben näherte. Er war so nahe heran gekommen, daß, wenn die Erscheinung von Leuchtwürmern verursachet wäre, er nach seiner Meynung nothwendig die einzelnen leuchtenden Theilchen, woraus es alsdenn bestanden hätte, müßte haben unterscheiden können. Allein es war ein einziger zusammenhängender Lichtkörper, und deswegen hält er es für einen feurigen Dunst y).

Irrlichter um Bologna.

Beccari erkundigte sich sorgfältig wegen dieser Erscheinung bey allen seinen Bekannten, die Gelegenheit, es auf der Ebene oder auf den Bergen zu beobachten, gehabt hatten. Er erfuhr, daß zwey solcher Lichter, die auf der Ebene theils Nordwärts theils Ostwärts von Bologna sich sehen ließen, fast jede dunkle Nacht da anzutreffen wären, das letztere insbesondere, und daß sie etwa so helle, wie ein Bündel Reißholz leuchteten. Das auf der Ostseite gewöhnliche Licht begleitete einmal einen seiner Freunde über eine Meile lang, immer vor ihm her, und leuchtete noch stärker, als die Fackel, welche er sich vortragen ließ. Alle diese leuchtende Erscheinungen,

w) Musschenbroek, introductio, vol. 2. p. 1062.

x) Newtoni Opt. L. 3. Qu. 10. p. 294.

y) Mit diesem Lichte kömmt gewissermaßen dasjenige überein, welches um den Leib und das Bette einer Frauensperson zu Meiland entstand, und bey Annäherung der Hand sich zurückzog, zuletzt aber durch die Bewegung der Luft verschwand. Acta Caesariensia, vol. 3. p. 11.

scheinungen, saget er, wären helle genug gewesen, die Gegenstände in der Nähe zu erleuchten, und man hätte sie immer in Bewegung, wiewohl in sehr unordentlicher gesehen. Bisweilen hätten sie sich erhoben, und bald wieder gesenket, wären aber doch mehrentheils etwa sechs Fuß vom Boden schwebend geblieben. Auch wären sie plötzlich verschwunden, und an einem andern Orte sogleich wieder zum Vorschein gekommen. Sie wären sich in Absicht an Figur und Größe nicht gleich, sondern breiteten sich einmal ziemlich weit aus, und zögen sich ein andermal wieder zusammen; zertrenneten sich in zwey Stücke und vereinigten sich wieder; flößen zuweilen mit einer Art von wellenförmiger Bewegung dahin, und streueten gleichsam Feuerfunken aus. Man versicherte ihn, daß keine dunkle Nacht im Jahre wäre, da sie nicht erschienen; und man nahm sie noch häufiger im Winter nach gefallenem Schnee, als in den heißesten Sommertagen wahr. Regen und Schnee waren der Erscheinung dieser Lichter so wenig hinderlich, daß sie vielmehr bey feuchtem und regnichtem Wetter stärker leuchteten. Der Wind that ihnen aber nichts [z]).

Der Boden an der Ostseite von Bologna, wo das größte dieser Lichter sich sehen ließ, ist ein hartes, kreidichtes und thonichtes Erdreich, worauf das Wasser lange stehen bleibt, und hernach, bey heißem Wetter, große Ritzen entstehen. Hingegen auf den Bergen, wo diese feurige Erscheinungen kleiner waren, war der Boden von lockerer sandigter Art, der das Wasser bald einsog. Den besten Nachrichten, die er einziehen konnte, zufolge, ließen diese Lichter sich häufig an Bächen und Flüssen sehen, vielleicht deswegen, wie er saget, weil der Zug der Luft sie leichter dahin als nach einem andern Orte treibt [a]).

Zum Beschluß führet er noch folgenden merkwürdigen Bericht eines verständigen Mannes von einer solchen Erscheinung an. Dieser reisete im Merz, zwischen acht und neun Uhr des Abends, eine bergigte Straße, etwa zehen Meilen südwärts von Bologna, und bemerkete ein sehr helles Licht, das sich auf einigen an dem Ufer des Flusses Rioverde liegenden Steinen zeigete. Es schien etwa zween Fuß über den Steinen erhaben, und nicht weit vom Wasser zu seyn, und glich einem etwas über einen Fuß langen und einen halben Fuß hohen Parallelepipedum, dessen längste Seite horizontal war, und leuchtete so stark, daß man dadurch einen Theil einer in der Nähe liegenden Hecke, und das Wasser des Flusses erkennen konnte. Bloß an der östlichen Ecke war der Glanz etwas schwach, und die eckigte Seite abgerundet. Der Reisende gieng aus Neugierde langsam darauf zu und sahe zu nicht geringerer Verwunderung, daß so wie er näher kam, das hellrothe Licht sich erst in ein gelblichtes, und darauf in ein blaßfärbichtes verwandelte, und ganz verschwunden war, wie er an die Stelle selbst kam. Hierauf gieng er wieder zurück, und erblickte es nicht allein aufs neue wieder, sondern fand auch, daß es desto heller ward, je weiter er zurückgieng. Auf der Stelle, wo diese feurige Erscheinung sich hatte sehen lassen, konnte er nicht den geringsten Geruch, oder sonst ein Merkmal eines Feuers bemerken.

Eine

z) Phil. Transf. ab. vol. 7. p. 59.

a) Ibid. p. 59.

Eine Bestätigung dieser wunderbaren Erscheinung erhielte Beccari von einem andern Manne, der diesen Weg oft reisete, und ihn versicherte, eben dieses Licht fünf oder sechsmal, im Frühlinge und Herbste erblicket zu haben. Es hätte sich immer in derselben Gestalt und an derselben Stelle sehen lassen; einmal hätte er sogar wahrgenommen, daß es an einem Orte in der Nähe entstanden wäre, und sich darauf von selbst in die vorher beschriebene Gestalt geformet hätte.

Beccari gesteht seine Verlegenheit, nicht allein diese sonderbare Erscheinung, sondern die Irrlichter überhaupt zu erklären. Nur dieses bemerket er noch, daß alle, welche dergleichen Lichter gesehen, darinn übereingekommen, daß ihr Glanz mit dem Scheine der Leuchtwürmer nichts gemein habe [b]).

Shaws Beschreibung eines Irrlichtes.

Hr. Shaw beschreibet ein Irrlicht, welches er in Palästina gesehen, wovon die Umstände so merklich sind, daß sie verdienen hier erzählet zu werden, insbesondere da einige derselben eine Spur zur Erklärung solcher Erscheinungen zu entdecken scheinen. Da er mit seiner Gesellschaft durch die Thäler des Gebirges Ephraim des Nachts reisete, wurden sie über eine Stunde von einem Irrlichte begleitet, welches bisweilen kugelrund oder wie eine Lichtflamme schien, plötzlich sich aber so weit ausbreitete, daß die ganze Gesellschaft von einem blassen unschädlichen Lichte umgeben ward, worauf es sich wieder zusammenzog, und mit einemmale verschwand. Aber in weniger als einer Minute kam es wieder zum Vorschein, und breitete sich, indem es sich mit vieler Geschwindigkeit fortbewegete, von Zeit zu Zeit so weit aus, daß es einige Morgen Land auf den nahegelegenen Bergen einnahm. Die Luft war vom Untergange der Sonne an besonders dicke und neblicht gewesen, und der Thau war, wie sie es an den Zäumen ihrer Pferde fühleten, ungewöhnlich schmierigt und fettig. Bey eben solcher Witterung, saget er, habe er auch die leuchtenden Erscheinungen wahrgenommen, welche zur See um die Maste und Segelstangen zu hüpfen pflegen, die von den Schiffern, mit einem verdorbenen spanischen Ausdrucke von Cuerpo santo, sogenannte Corpusanse [c]).

Licht vom Phosphorus.

Dem Lichte faulender Materien ist gewissermaaßen dasjenige ähnlich, welches das bekannte chymische Product, der Phosphorus, von sich giebt. Dieser ist eigentlich ein unvollkommener Schwefel, der geneigt ist, sich selbst aufzulösen, und so, daß er durch bloße Berührung der Luft Feuer fängt. Er ist also, wenn er leuchtet, wirklich ein glühender Körper, wiewohl die Hitze unmerklich ist, wenn man nur sehr wenig davon nimmt, etwa so viel als auf dem damit bestrichenen Papiere bleibt, oder so viel als in wesentlichen Oelen sich auflösen lässet. Vielleicht ist aber auch die Materie, welche das Leuchten der von uns sogenannten faulenden Körper verursachet, der phosphorischen ähnlich, wird nur auf eine andere Art erzeuget, und hat einen geringern Grad von Hitze. Die Fäulung scheint zu dem Leuchten der Leuchtwürmer und der Pholaden nichts beyzutragen, und dennoch hat ihr Licht viel ähnliches mit dem Lichte faulenden Holzes oder Fleisches. Das elektrische Licht ist ohne Zweifel dem phosphorischen ähnlich, und rühret dennoch offenbar von einer ganz andern Ursache her.

b) Philos. Trans. ab. vol. 7. p. 60.

c) Shaw's travels, fol. p. 363.

Brandts und Kunkels Phosphorus.

Der Phosphorus, von dessen Licht ich itzt handele, ward zuerst von einem hamburgischen Bürger, Namens Brandt, im Jahre 1677 gemacht, als er eine von dem berühmten Kunkel angegebene Spur zur Verfertigung des Steins der Weisen mit Hülfe des Harns zu verfolgen bemühet war. Brandt soll sein Geheimniß einem Kraft in Dresden offenbaret haben; keiner von beyden aber wollte es Kunkeln entdecken. Dieser geschickte Chymist aber machte sich selbst daran es herauszubringen, und fand es auch sogleich. Einen ähnlichen Phosphorus machte auch Boyle, als er ein Stück davon in Krafts Händen gesehen hatte, der damit 1679 nach London herüber gekommen war, es dem Könige und der Königinn von England zu zeigen, ohne weiter was davon zu wissen, als daß etwas vom menschlichen Körper dazu käme [d]).

Kunkel formte seinen Phosphorus in Gestalt von Kügelchen, einer Erbse groß, welche, wenn sie ein wenig angefeuchtet, und im Dunkeln geschabet wurden, ein ziemliches Licht, aber nicht ohne Dampf, von sich gaben. Angenehmer erschiene das Licht, wenn acht oder zehn dieser Kügelchen in ein Wasserglas gethan wurden, denn alsdenn schien, wenn man sie im Finstern schüttelte, das ganze Glas voll Licht. Kunkel gab auch seinem Phosphorus die Gestalt etwas großer Steine, womit man, wenn sie in der Hand erwärmet waren, auf Papier Buchstaben malen konnte, die im Finstern ganz leserlich waren [e]).

Clares Phosphorus.

Niemand machte mit dem Phosphorus mehrerley Versuche, als Dr. Slare, welcher angiebt, daß flüßiger Phosphorus (das ist, der solide in einem von den wesentlichen Oelen aufgelöset) selbst keine Frauenzimmerhand verletzet, und daß die Hand oder das Gesicht, welches man damit wäschet, nicht allein im Finstern leuchtet, sondern auch sogar die Gegenstände in der Nähe zu erhellen im Stande ist.

Wenn der solide Phosphorus ganz in Wasser getauchet ist, so verlieret, saget er, derselbe seinen Glanz; sobald aber nur ein Theil desselben etwa aus dem Wasser hervor oder an die Luft kömmt, so leuchtet es selbst durch ein zugeschmolzenes Glas. Er bewahrte den Phosphorus mehrere Tage in einem großen Glase ohne Wasser auf, und er behielt sein Licht ohne sonderliche Verminderung des Glanzes oder des Gewichtes. Wenn die damit geschriebenen Buchstaben am Feuer erwärmet wurden, so wurden sie sogleich zu schwarzen Strichen, die wie Dinte auf dem Papier beständig blieben. Zu versuchen, wie viel Licht ein kleines Stück dieses Phosphorus von sich gäbe, ließ er es in der freyen Luft fortbrennen, und fand, daß es sieben bis acht Tage leuchtete, wenn er die Laden seiner Fenster zumachte [f]).

Da

d) Mem. de l'Acad. de Paris, 1737. pag. 475. (Boyle hat seine Entdeckung in einer Schrift bekannt gemachet, die den Titel führet: The aerial noctiluca or some new phaenomena and a process of a factitious selfshining substance, London, 1680. 8. wovon Nachricht in den Act. Erud. 1682. Febr. p. 54. K.)

e) Philos. Trans. ab. vol. 3. p. 347.

f) Ibid. p. 348. (Acta Erud. 1684. Oct. p. 457. aus den Phil. Trans. 1683. nr. 150.

Leuchtet im luftleeren Raume stärker.

Da man die Luft gewöhnlich als ein Nahrungsmittel des Feuers ansieht, so wollte Dr. Slare die Probe hievon auch mit seinem Phosphorus machen, und legte deswegen ein großes Stück unter einen Recipienten, fand aber, daß nach ausgepumpter Luft dasselbe an Glanze zunahm, und wieder wie vorher ward, als die Luft wieder hineingelassen war. g) Diese Eigenschaft des Lichtes vom Phosphorus, darinn er das Gegentheil von glänzendem Holze oder Fischen ist, hat Hauksbee durch verschiedene sehr genaue Versuche bestätiget. h)

Als Dr. Slare den Phosphorus mit einem Blasbalge in Flammen setzen wollte, ward das Licht desselben gleich ausgeblasen, und kam nicht eher als nach einer ziemlich langen Zeit wieder. Alle Feuchtigkeiten löschten das Licht des Phosphorus aus, wenn er da hinein gethan ward, und er glänzete und brannte nicht, wenn man ihn in den brennbarsten Feuchtigkeiten, als Olivenoel, Terpentinoel, oder selbst im Weingeist sogar kochen ließ.

Andere Eigenschaften.

Damit sein Phosphorus sich nicht verzehren möchte, pflegte er ihn in ein Glas mit Wasser zu thun. Hier sah er ihn bisweilen aus dem Wasser, in welchen er untergetauchet war, solche helle lebhafte Strahlen schießen, daß wer solcher Erscheinungen nicht gewohnt ist, darüber in ein nicht geringes Schrecken gerathen würde. Diese feurige Erscheinung ist von schmaler Gestalt, so lange sie unter dem Wasser bleibt, breitet sich aber aus, sobald sie in die Luft herausfähret. Soll der Versuch recht in die Augen fallend gemacht werden, so muß, saget er, das Glas tief und cylindrisch, auch nicht über drey Viertel mit Wasser gefüllet seyn. Dieses Ereigniß nahm er nur bey warmen Wetter, niemals bey kaltem wahr i).

Leuchtender Schweiß.

Der Phosphorus, von dem ich bisher geredet habe, wird aus Urin bereitet; allein in einigen Fällen hat man auch den Schweiß, als der dem Urine ähnlich ist, von selbst phosphorescirend befunden. Dis erfuhr ein gewisser Mann, der sehr viel Salz zu essen pflegte, und ein wenig podagrisch war, als er nach einer heftigen Leibesbewegung stark schwitzete, und sein Hemde im Finstern auszog. Es schien ihm, zu seiner großen Bestürzung, dasselbe über und über voll Feuer zu seyn. Bey näherer Untersuchung fanden sich rothe Flecken auf dem Hemde, und der Arzt, der zugegen war, bemerkte einen Harngeruch, der aber nichts von einem flüchtigen Alkali an sich hatte, sondern eine Salzsäure verrieth, eben so wie es stark gesalzener und heftig gährender Kohl thut k).

Dieses phosphorescirende Licht, und dasjenige, welches sich an dem Leibe und dem Bette einer Frauensperson zu Meiland zeigete, scheinen eine Verwandschaft zwischen dem Lichte vom Phosphorus und den faulenden Materien, oder den Irrlichtern anzudeuten.

Zusatz

g) Phil. Transf. ab. vol. 3. p. 350.

h) Physico-mechanical experiments, p. 122.

i) Phil. Transf. ab. vol. 3. p. 351.

k) Acta Caesariensia, vol. 5. p. 334.

Zusätze des Uebersetzers.

Leuchten der See.

Herr Hauptmann Niebuhr erzählet in seiner Reisebeschreibung nach Arabien 1. Th. S. 7. daß sein Reisegefährte Forskal die Ursache des Leuchtens der See entdecket zu haben geglaubet hätte. Dieser fischete allerhand kleine Seethiere, und darunter auch manche Arten von Medusen. Als er davon einige, welche er in einem Eimer aufbewahret hatte, im Dunkeln aus dem Fenster schüttete, so war alles, was dieses Wasser berührete, voller kleiner Funken. Nachher wiederholete er seine Versuche noch sehr fleißig, und ward in seiner Meynung bestätiget, daß das Leuchten des Seewassers vornehmlich von diesen schleimichten Thieren, wovon die See voll ist, herrühre. — Der Recensent in der Allgem. deutschen Bibliothek, B. 25. erinnert, daß schon mehrere dieses Leuchten einer kleinen Nereide zugeschrieben. Eine eigene Beobachtung sey hierüber in den Pariser Memoiren von 1767 vom Fougeroux de Bombaroy anzutreffen, der das Hintertheil des Thierchens leuchtend gefunden habe. Geht aber nicht beydes zugleich an, oder vielmehr wenn das Leuchten der See von faulend gewordenen Materien entsteht, können nicht mancherley Dinge das Leuchten der See verursachen?

Leuchtwürmer.

Von dem Glanze der Leuchtwürmer oder Leuchtkäfer hat Hr. Priestley ganz vergessen wieder zu reden, nachdem er desselben Anfangs mit einem Worte erwähnet hat. Ich muß den Leser bitten, von meiner Seite mit folgenden, Reaumürn abgeborgten Anmerkungen zufrieden zu seyn, welche er bey der Gelegenheit, da er von den Pholaden, franz. Dails, in den Memoiren der Akademie von 1723 redet, von den Leuchtwürmern machet. Die Zeit, da die Thiere sich begatten, saget er, ist diejenige, da eine besondere Gährung vorgeht. Wahrscheinlich ist dies der Fall der Leuchtwürmer, die hier zu Lande bloß in der heißen Jahrszeit leuchten, und alle die hier zu Lande leuchten, sind die Weibchen. Dieses sind bekanntermaaßen Insecten ohne Flügel; aber die Männchen dazu haben Flügel. Diese fliegen des Nachts, und der Glanz, welchen die Weibchen von sich geben, zeiget ihnen den Ort, wohin sie ihren Flug zu richten haben. Er dienet, saget der Geschichtschreiber der Akademie, dem Männchen statt eines kleinen Pharus, so daß diese Insecten sich der poetischen Ausdrücke im eigentlichen Verstande bedienen könnten, welche wir in der Sprache der Verliebten eigentlich zu brauchen pflegen. Er habe anfangs, fährt Reaumür fort, das Männchen nur aus Büchern gekannt, bis ihm ein Weibchen das Männchen in der Natur kennen zu lernen verholfen habe. Denn da er jenes im Dunkeln auf der Hand gehalten, habe sich ein anderes Insect auf seine Hand gesetzet, das sich sogleich mit dem Weibchen begattet, und auf solche Art hätte er hernach oft die Männchen mit Hülfe der Weibchen gefangen. Zu manchen Zeiten leuchten die Weibchen wenig oder gar nicht, vielleicht alsdenn, wenn der Trieb zur Begattung mangelt. — Nollets Beobachtungen über die Leuchtkäfer in Italien findet man in den Mem. de Paris 1750, p. 84. Er fand, daß der Bauch an ihnen der leuchtende Theil ist.

Leuchten des Quecksilbers im leeren Raume.

Es wäre hier auch gute Gelegenheit gewesen, von dem Leuchten des Quecksilbers im leeren Raume etwas anzuführen. Man weis, daß manche Barometer, wenn man durch Schütteln das Quecksilber geschwinde auf und nieder sich bewegen läßt, in dem leeren Raume oben beym Heruntersteigen des Quecksilbers, ein mehr oder weniger starkes Licht zeigen. Es war im Jahre 1675, daß **Picard** zuerst an seinem Barometer ein solches Leuchten bemerkete. Man fand damals nur noch ein paar andere Barometer, welche im Finstern durch Schütteln leuchten wollten. Nicht eher darauf als im Jahre 1700 gab **Johann Bernoulli** eine Erklärung dieser Erscheinung, und ein Mittel an, phosphorescirende Barometer zu machen. Das Quecksilber, saget er, bekömmt durch die Berührung mit der Luft eine feine Haut auf seiner Oberfläche. Diese verhindert, daß die feine Materie, welche man mit den ersten Elementen des **Descartes** vergleichen kann, von dem Quecksilber sich nicht losmachen kann, welche sonst bey dem schnellen Herunterfallen des Quecksilbers sich ablöset, und bey ihrer schnellen Bewegung an die Theilchen einer andern, nicht so feinen, aber doch weit feinern Materie, als die Luft ist, (man möchte sie als die Materie des zweyten Elements ansehen) stößt, und solchergestalt das Leuchten hervorbringt. Seine Methode, leuchtende Barometer zu machen, besteht darinn, die Röhre durch Saugen zu füllen. Sie fand bey der Akademie zu Paris Widerspruch, weil sie keine leuchtende Barometer geben zu wollen schien. Bernoullis Aufsätze findet man in den Pariser Memoiren, 1700. und 1701, und in seinen Werken T. I. nr. 62, 63, 64. Umständlich hat er diese Sache in einer 1719. gehaltenen Dissertation ausgeführet, die in seinen Werken, T. II. nr. 112. befindlich ist. Gegen die französischen Akademisten vertheidigte ein Pariser Arzt, **Dutal**, mit ziemlicher Bitterkeit Bernoullis Verfahren, in den nouvelles de la republique des lettres, 1706, und wirft ihnen vor, daß sie die Versuche nicht mit gehöriger Sorgfalt gemachet hätten *). Im J. 1708. erschien von **Hauksbee** in den Englischen Transactionen eine Schrift, worinn er das Leuchten von dem Reiben des Quecksilbers gegen die innere Fläche der Röhre herleitet, weil er gefunden, daß eine luftleere, um ihre Axe schnell gedrehte Kugel, durch die Berührung der Hand, Licht von sich gab. Bernoulli fraget, warum das Quecksilber beym Heraufsteigen nicht leuchte **)? Im Jahre 1710. griff **Hartsoeker** Bernoullis System und Erfahrungen an, in den eclaircissemens sur les conjectures physiques, wogegen dieser sich in der angeführten Dissertation sehr derb vertheidiget. Im J. 1715. gab **J. F. Weidler** eine Dissertation de phosphoro mercuriali heraus, in welcher er statt Bernoullis Erklärung eine andere, freylich nicht einmal recht begreifliche, nach Bernoullis Erzählung, setzen will. Den historischen Theil dieser Abhandlung rühmet Bernoulli übrigens. Besser ist dieser mit einer Dissertation des Giessenschen Professors, **Liebknecht**, de noctiluca mercuriali, 1716. zufrieden, als der seine Erklärung angenommen und ver-

*) Io. Bernoulli dissert. de merc. luc. cap. XI. und du Fay, Memoire sur les barometres lumineux, Mem. de Paris, 1723. p. 424.

**) Bernoulli und du Fay, a. a. O.

vertheidiget, doch aber auch einige Erinnerungen beygebracht hatte. Einer andern vom **Michel Heusinger** im J. 1716. herausgegebenen Schrift de noctiluca mercuriali, erwähnet Bernoulli nicht; **du Fay** theilet einen Auszug daraus mit, welcher zu erkennen giebt, daß dieser Verfasser das Leuchten des Quecksilbers im luftleeren Raume gleichfalls von einer subtilen Materie herleitet, die aus dem Quecksilber herausfahren soll. In einer 1717. von der Akademie zu Bourdeaux gekrönten Preisschrift über die Phosphoren leitet **de Mairan** dieses Leuchten von dem Schwefel des Quecksilbers her. Endlich hat noch **du Fay** einen Aufsatz über die leuchtenden Barometer in den Pariser Memoiren von 1723. mitgetheilet, worinn er erzählet, daß er von einem deutschen Glasmacher die Kunst, solche Barometer zuverläßig zu machen, gelernet habe. Sie besteht kürzlich darinn, daß zuerst die Röhren und das Quecksilber wohl gereiniget werden. Letzteres wird durch eine papierne Tüte, mit einer möglichst kleinen Oeffnung gegossen, und darauf in die Röhre bis auf ein Drittheil ihrer Höhe gefüllet. Diese wird über einem Kohlenfeuer in einer geneigten Lage allmählig erwärmet, daß alle Luft herausfährt, wozu man durch das Umdrehen der Röhre und Umrühren des Quecksilbers mit einem eisernen Drathe zu Hülfe kommen muß. Nachdem die Röhre kalt geworden ist, wird das zweyte Drittheil auch angefüllet, und die Luft daraus auf dieselbe Art getrieben. Endlich wird das letzte Drittheil auch gefüllet, wobey man aber das obige Verfahren nicht zu wiederholen brauchet. Darauf wird eine hölzerne Büchse mit Siegellack an das offene Ende der Röhre befestiget, und **du Fay** fand, daß ein so zugerichtetes Barometer, dergleichen er verschiedene gemachet, immer stark geleuchtet habe. Wenn er aber das Quecksilber in einem Tiegel bis zum Dampfen erhitzete, und es in eine vorher gleichfalls erwärmete Röhre goß, und folgends alle Luft mit einem eisernen Drathe durch das Umrühren heraustrieb, so wollte ein so zubereitetes Barometer keinesweges leuchten. Hieraus folgert er, daß durch die Erwärmung keine Feuertheilchen in das Quecksilber kommen können, weil diese in dem letztern Falle sich gar nicht zeigen, auch überdem bald verfliegen würden. Es ist vielmehr, saget er, in dem Quecksilber sowohl viel grobe Luft, als auch eine feine Materie enthalten. Die grobe Luft hält die feine gleichsam gefangen, und verhindert sie aus dem Quecksilber herauszudringen. Jemehr also jene vermindert wird, destomehr Freyheit bekömmt diese. Nach der zwoten Art, Barometer zu machen, dringt bey dem Hereintröpfeln zu viel Luft in das Quecksilber wieder hinein. Die leuchtenden Barometer sind also nicht bloß wegen ihres Lichtes merkwürdig, sondern haben auch, da sie von der groben Luft sehr rein sind, vor den nicht leuchtenden einen Vorzug.

Zehnter Abschnitt.

Bemerkungen vom Regenbogen.

Da in den vorhergehenden Abschnitten alle die Entdeckungen vorgetragen sind, welche die Grundeigenschaften des Lichtes und der Körper in Absicht auf das Licht betreffen, so werden die nun folgenden Abschnitte dieser Periode hauptsächlich die

die Bemühungen der Naturforscher um die Erklärung der natürlichen Erscheinungen und der Ereignisse beym Sehen, nach den entdeckten Gesetzen, enthalten.

Unter allen optischen Erscheinungen in der Natur ist wohl der Regenbogen eine der am meisten in die Augen fallenden. Daher finden wir auch, daß sie von jeher die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen hat; wie wir auch gesehen haben, daß in jeder Periode dieser Geschichte nach einander immer mehreres Licht darüber verbreitet ist. Die Hauptumstände dieser Erscheinung sind zwar vom **Newton** völlig ins Licht gesetzet; es blieb aber doch eine Nachlese einiger einzelner Ereignisse für diese Periode übrig, insonderheit der ungewöhnlichern, wovon ich die merkwürdigsten in diesem Abschnitte erzählen, und zugleich die Muthmaßungen wegen ihrer Ursachen vortragen will, womit ich dem Leser ohne Zweifel einen Gefallen zu thun hoffe.

Hallens Berechnungen über den Regenbogen.

Unter denen, welche **Newtons** Farbentheorie annahmen, war Dr. **Halley** der erste, der sie auf die Erscheinung des Regenbogens anwandte. Wir haben schon gesehen, daß der innere Bogen von Strahlen hervorgebracht wird, die zwo Brechungen und dazwischen eine Zurückwerfung leiden, so wie in dem äußern die Strahlen zweymal zwischen den beyden Brechungen zurückgeworfen werden. Hier höret die Natur auf, oder vielmehr unsere Sinne sind nicht scharf genug, mehrere Regenbogen wahrzunehmen. Allein unser Verstand kann dennoch die Sache weiter treiben, und die Regenbogen berechnen, die durch drey, vier und mehrere Zurückwerfungen entstehen. Dieses hat Dr. **Halley** in den physikalischen Transactionen vom Jahre 1700. ausgeführet, wie er auch eine directe Methode angiebt, aus dem gegebenen Brechungsverhältnisse den Halbmesser des Bogens zu bestimmen.

Aus seiner Berechnung folget, daß für den ersten Regenbogen das doppelte des Brechungswinkels der einfallenden Strahlen, vermindert um den Einfallswinkel, ein Größtes ist; daß für den zweyten Regenbogen das dreyfache des Brechungswinkels, vermindert um den Einfallswinkel, ein Größtes ist; daß für den dritten Regenbogen das vierfache des gebrochenen Winkels vermindert um den Einfallswinkel ein Größtes ist, u. s. w. Es ist also, um die Größe jedes Bogens zu bestimmen, nur noch nöthig, einen solchen Einfallswinkel zu suchen, daß der Ueberschuß seines gewissemal vervielfachten Brechungswinkels über den Einfallswinkel ein Größtes sey. Die Sinus dieser Einfallswinkel berechnet Halley nach der Reihe in algebraischen Formeln. Daraus findet er ferner, daß der Halbmesser des ersten Bogens 42° 30′, des zweyten 51° 55′ hält, welche beyde, wie bekannt ist, der Sonne gegen über liegen; daß der dritte Bogen, wenn er sichtbar wäre, von der Sonne um 40° 20′, der vierte um 45° 33′ entfernet seyn würde, die aber ohne Zweifel, eben dieser Nähe willen, nicht sichtbar werden. Auflösungen eben dieser Aufgabe haben in der Folge noch andere Mathematikverständige, als **Hermann**, **Johann Bernoulli** und der **Marquis de Courtivron** geliefert [a]).

Hhh 2 Meine

a) Montucla, vol. 2. p. 652.

Reihe von Regenbögen.

Meine Nachrichten von merkwürdigen Regenbögen will ich mit dem von Dr. **Langwith** beschriebenen anfangen. Dieser nahm unter dem innern Kreise des ersten Regenbogens einige farbichte Ringe wahr, wodurch die Breite dieses Bogens viel größer ward, als er nach der Rechnung seyn kann. Am deutlichsten sahe er diese Erscheinung den 21. August 1722. um halb sechs Uhr des Abends, bey gemäßigter Witterung und bey einem Nordostwinde. Die Farben des ersten Regenbogens waren wie gewöhnlich, nur fiel die Purpurfarbe sehr in roth, und war wohl abgeschnitten. Darunter war ein grüner Bogen, dessen oberer Theil auf hellgelb sich neigte, der untere dunkler grün war, und unter diesen waren, eins um das andere zween röthlich purpurne und zween grüne Bogen, und unter allen diesen noch ein schwacher purpurfärbiger, der verschiedenemal so geschwind verschwand und wieder kam, daß er ihn nicht unverwandt ansehen konnte. Die Ordnung der Farben war demnach folgende:

1. Roth, Orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, Purpur.
2. Hellgrün, dunkelgrün, Purpur.
3. Grün, Purpur.
4. Grün, schwaches sich verlierendes Purpur.

Es waren hier also vier Reihen Farben, und vielleicht noch der Anfang einer fünften; denn er glaubte, das, was er Purpur nennt, für eine Mischung des Purpurs jeder obern Reihe mit dem Roth der darunter zunächst befindlichen, und das Grüne für eine Mischung der mittlern Farben ansehen zu müssen. Dieses schrieb er nicht bloß auf das Zeugniß seiner eigenen Augen, sondern nahm noch einen Geistlichen und vier andere Herren, die bey ihm waren, zu Hülfe, welche eben das, was er gesehen hatte, wahrnahmen. Zwey Dinge, saget er, verdienen hierbey unsere Aufmerksamkeit, weil sie uns zur Erklärung dieser sonderbaren Erscheinung behülflich seyn können.

1. Die erste Reihe war viel breiter als die andern, ja, so viel er urtheilen konnte, so breit wie die übrigen zusammen. 2. Er sahe diese innere Reihen Farben niemals an den niedrigern Theilen des Regenbogens, wenn diese gleich oft weit glänzender waren, als die obern, wo sich jene Farben zeigeten. Er bemerkete dieses so oft, daß er glaubte, man könne es unmöglich als etwas Zufälliges ansehen, und schloß daraus, daß, woferne es allgemein wahr seyn sollte, die Untersuchung dadurch enger eingeschränket werden würde; weil alsdenn diese Wirkung von einer Eigenschaft der Strahlen abhängen würde, welche diese in den obern Theilen der Luft haben, aber verlieren, wenn sie niedriger liegen, und sich mehr mit einander vermischen.

Bouguers Beobachtungen.

Bouguer sah diese Erscheinung häufig bey seinem Aufenthalte auf den Gebirgen in Peru, wo der Himmel oft außerordentlich heiter ist [b]). Er hielt es für einen nothwendigen Umstand zu dieser Erscheinung, daß der Himmel nach der Sonne hin recht heiter, noch mehr aber, daß er gegen über ganz dunkel seyn müsse. Die

b) Philos. Trans. ab. vol. 7. p. 105.

Die Farben des zweeten Bogens unter dem ersten erblickete er in derselben Ordnung wie an diesem ersten, auch war das rothe in jenem von dem violetnen in diesem wohl abgesondert, daß er also die beyden Bogen deutlicher von einander unterschieden gesehen hat, als sie sich dem Dr. Langwith zeigeten. Bouguer glaubte noch bisweilen schwache Spuren eines dritten Bogens, gleich unter dem zweeten wahrnehmen zu können [c]).

Andere außerordentliche Regenbögen.

Der außerordentliche Regenbogen, welchen le Gentil den 18. Novemb. 1756. sahe, scheint mit dem von Dr. Langwith beobachteten, einerley Art gewesen zu seyn. Unter den beyden gewöhnlichen Bogen sahe er zween andere breite Bogen, einen unter dem andern. Der obere von ihnen berührte das violet des gewöhnlichen Bogens unmittelbar. Sie waren um etwas mehr als ihre Breite von einander entfernet, die etwa ein gutes Drittheil der Breite des innern Regenbogens betragen mochte. Ihre Farbe war blau, eben so lebhaft als das blaue des vornehmsten Bogens. Der Raum, den sie einnahmen, schien ihm ohngefähr eben so groß zu seyn, als der innere Regenbogen [d]).

Ein andermal sahe eben dieser Gelehrte und Herr de Fouchy unter dem violet des gewöhnlichen Bogens einen Raum ohne Farbe, so breit als das grüne und blaue dieses Bogens zusammen genommen, und darauf ein lebhaftes Grün, so lebhaft wie das Grüne des Regenbogens [e]).

Pembertons Erklärung.

Dr. Pemberton hat diese Erscheinungen aus der Newtonianischen Theorie der Anwandlungen des Zurückgehens und Durchgehens erklären wollen; nimmt aber dabey an, daß die verschiedentlich gefärbten Strahlen ihre besondern Anwandlungen haben, wenn sie an der Oberfläche eines gewissen Mittels anlangen, ohne die Dicke desselben in Betrachtung zu ziehen; da doch in diesem Falle offenbar alle Strahlen ohne Unterschied theils zurückgeworfen, theils durchgelassen werden. Wahrscheinlich entstehen diese Farben in sehr kleinen Regentropfen oder Dünsten, die mit den größern Tropfen vermischet sind, so daß es mit ihnen eben die Beschaffenheit, wie mit den Farben dünner Blättchen hat, und es mögen wohl dergleichen Nebenbogen mit einigen Arten der Höfe einerley seyn. Dr. Pemberton führet selbst an, daß solche Nebenbogen in den Dunsttröpfchen der Wolke sich bilden mögen, welche die durch den Fall des Regens bewegte Luft zugleich mit den größern Tropfen herunter treibt. Darum möchten sie auch bloß unter dem höhern Theile des Regenbogens erscheinen, weil diese Dunsttheilchen nicht weit herunter kämen. Zur fernern Bestätigung bemerket er, daß diese Nebenfarben am deutlichsten zu sehen sind, wenn der Regen sich aus recht schwarzen Wolken ergießt, wobey durch den heftigen Fall die Luft sehr in Bewegung gerathen wird [f]).

 Dr. Lang-

c) Mem. de l'Ac. de Paris, 1757, p. 62.
d) Ibid. p. 59.
e) Ibid. p. 61.
f) Philos. Trans. ab. vol. 6. p. 140. (Kästners Lehrbegriff der Optik. S. 244. Mir ist eingefallen, ob nicht die in einem geringen Grade divergirenden Strahlen die Nebenbögen verursachen könnten, da doch die Hauptbögen von parallelen Strahlen entstehen. Es würde nur noch zu erklären seyn, warum die Nebenbögen sich nicht ganz herunter erstrecken. Boscovich beschreibt in einer

Horizontaler Regenbogen.

Dr. **Langwith** sah einmal einen Regenbogen auf der Erdfläche liegen, der fast eben so lebhaft wie der gewöhnliche Regenbogen gefärbet war. Er erstreckete sich auf einige hundert Ellen weit, und würde noch auf eine viel größere Weite sichtbar geblieben seyn, wenn er nicht von einem höher liegenden Felde und der Hecke desselben unterbrochen wäre. Was dabey insbesondere zu merken war, ist 1. daß die Figur dieses Bogens nicht rund, sondern länglicht, und dem Augenmaaße nach ein Stück einer Hyperbel war; 2. daß die erhabene Seite nach seinem Auge gekehrt, und der Scheitelpunct nicht weit von ihm lag; 3. daß die Farben in den ihm zunächst liegenden Theilen des Bogens einen schmälern Raum einnahmen, und lebhafter waren, als in den entferntern Theilen.

Erklärung.

Er erkläret die Entstehung dieses Bogens durch die Vergleichung desselben mit dem gewöhnlichen Regenbogen k e i E, der sich in den Regentropfen bildet, welche nicht weit von dem Auge des Zuschauers bey H in der Luft niederfallen, und der mit seinem untern Theile die Erdfläche in dem Scheitelpuncte E des horizontalen Regenbogens D E C berühret. Man verlängere den Kegel H i e k E, so giebt dessen Durchschnitt mit der Horizontfläche die Figur des Bogens D E C. Hieraus folget, daß die Figur, nachdem der Winkel e H G, größer, so groß, oder kleiner als ein Rechter ist, eine Hyperbel, eine Parabel oder eine Ellipse wird. 2. Daß, weil die Sonne zur Zeit der Erscheinung dieses Bogens etwa 30 Grad hoch stand, der Bogen eine Hyperbel war. 3. Daß die verschiedentlich gefärbten einzelnen Theile desselben Bogens, wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen, in gewissen Fällen unterschiedene Kegelschnitte seyn können. 4. Weil der Winkel e H F allemal aus der Höhe des Auges H G, und der Höhe der Sonne S L A gegeben ist, so lassen sich die Dimensionen dieser Bogen leicht ausmachen g).

Fig. 102.

Regenbogen auf der Seefläche.

Die umgekehrten Bogen, welche sich bey Nebensonnen gewöhnlich sehen lassen, hat man, wie **Weidler** saget, bisweilen auch allein gesehen. Er führet auch aus

einer Schrift, worinn er von dem großen Windwirbel zu Rom 1749 Nachricht giebt, einen vielfachen Regenbogen, den er den Tag nach diesem Windwirbel gesehen. Zwo Stunden vor Untergang der Sonne sahe er außer den beyden gewöhnlichen noch einen dritten, der den innern Regenbogen berührete, und eine Viertelstunde vor Sonnenuntergange innerhalb des innersten vornehmsten Regenbogens noch drey mit eben der Ordnung der Farben, einen an den andern anrührend, ganz deutlich, nebst einer zweifelhaften Spur des vierten, welchen sein Begleiter deutlich erkannte. S. altes Hamburg. Magazin. 10. B. S. 229. K.)

g) Philos. trans. ab. vol. 7, p. 103. (Nach Langwiths Beschreibung und Zeichnung sollte man denken, daß man einen Regenbogen wie einen ganzen Kreis sehen könnte. Dazu müßte man sehr hoch über der Wolke, welche den Regenbogen verursachet, stehen. Die Tropfen liegen in der beschriebenen Erscheinung auf dem Erdboden. Weil die Erdfläche den Kegel schneidet, auf dessen Oberfläche die Tropfen, welche den Regenbogen bilden, sich befinden, so bekömmt dieser die Gestalt eines Kegelschnittes, nach der Lage der Erdfläche gegen die Axe des Kegels. **Menzel** hat in den Ephem. Nat. cur. 1686. diese Erklärung solcher horizontalen Regenbogen zur Aufgabe aufgegeben; **Jacob Bernoulli** hat seiner Disp. de seriebus infinitis, vom J. 1689 die Beantwortung ohne Beweis angehänget, welchen **Cramer** in der Genfer Ausgabe von desselben Werken 1. B. 35. Nr. 400. S. beygefüget hat. Auch handelt davon **Webb** in den Philos. trans. vol. 47. p. 248. K.)

aus **Tachards** Reisebeschreibung nach Siam an, daß dieser allemal, wenn zwo Wellen an einander gestoßen sind, so daß das Wasser in kleinen Tropfen in die Höhe gesprungen, einen umgekehrten Bogen gesehen habe, wofern sein Auge ein wenig über diesen Tropfen erhaben gewesen; dahingegen wenn die Tropfen wieder zurück gefallen sind, oder wenn es an eben der Stelle geregnet hat, sich ein Regenbogen in der gewöhnlichen Lage habe sehen lassen [h]).

Descartes erkläret dergleichen Erscheinungen durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von der Fläche des Wassers, allein **Weidler** ist nicht damit zufrieden, und saget, diese Erscheinung entstehe, wenn die Sonnenstrahlen, welche sich nach zweymaliger Brechung und einer Zurückwerfung in den Tropfen auf der Axe des Regenbogens würden vereiniget haben, in das Auge, das jenseits dieses Vereinigungspunctes auf der Axe befindlich ist, unter einem halb so großen Winkel fallen. Diese Erklärung ist dunkel und gar nicht aus einander gesetzet, auch scheint der Verfasser selbst sie nicht recht durchgedacht zu haben, da er durch keine Figuren den Gang der Strahlen und die Möglichkeit eines solchen Ereignisses nach seiner Beschreibung zeiget.

Regenbogen durch die Zurückwerfung.

Celsius beschreibt einen von ihm in Dalekarlien, 1743. gesehenen dritten Regenbogen, der breiter als die beyden andern gewesen, und sie geschnitten habe, welcher nach den Umständen zu urtheilen durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von einem Flusse entstanden ist. Eben einen solchen Bogen sah auch **Halley** im Jahre 1698. zu Chester, und erkläret ihn auf dieselbe Art. Der erste, welcher zu dieser Erklärung Anlaß gegeben hat, ist **Estienne**, Canonicus zu Chartres. Dieser beschließt seine Beschreibung eines von ihm gesehenen Regenbogens, der von einem gebrochenen und kreisförmig gebogenen Sparren durchschnitten war, mit der Bemerkung, daß zur Zeit dieser Beobachtung der Fluß Chartres zwischen ihm und dem Bogen, auf derselben horizontalen Fläche, etwa 150 Schritt von ihm gewesen sey. Die Wahrnehmung geschah am 10. August 1665. um halb sieben Uhr des Abends [i]).

Regenbogen nach Sonnenuntergang.

Hr. **Geo. Edwards** beschreibt einen Regenbogen, der durch die von der Stadt London aufsteigenden Dünste hervorgebracht seyn muß. Es war zwanzig Minuten nach Sonnenuntergang, als er ihn wahrnahm, und der Mittelpunct des Bogens war folglich über dem Horizonte. Die Farben waren wie an dem gewöhnlichen Regenbogen, aber schwächer [k]).

Eilfter

h) Commentarius de Parheliis, p. 30.

i) Hist. de l'Ac. de Paris, 1743. p. 54. (Abhandlungen der Schwed. Akad. 1742. d. deutschen Uebers. 4. B. 235. S. Schon **Senguerd** beschreibt diese Art Regenbogen in seiner Philos. natur. ed. 2da Lugdun. Bat. 1685. p. 292, wo auch eine Zeichnung beygefüget ist. Er sahe diesen dritten Regenbogen eine Viertelstunde nach Sonnenaufgange, da der Himmel besonders in Osten mit Wolken bedecket war. Er schloß sich unten am Horizonte an den innern vornehmsten Regenbogen an, stand aber zu oberst von den beyden gewöhnlichen gleich viel ab. Die Farben daran waren in derselben Ordnung wie an dem vornehmsten, aber blasser. Senguerd leitet diesen mittlern Bogen von der Zurückstrahlung an den östlichen Wolken her. K.)

k) Philos. trans. vol. 50. p. 294.

Eilfter Abschnitt.

Bemerkungen von Höfen und Nebensonnen.

Schon damals, als die Naturforscher zuerst den Regenbogen mit Aufmerksamkeit betrachteten, entgiengen andere Lufterscheinungen, als Höfe und Nebensonnen, ihrer Wahrnehmung nicht; allein wegen der Seltenheit und Mannigfaltigkeit derselben war es den ältern Philosophen nicht wohl möglich, eine erträgliche Erklärung von ihnen zu geben. Deswegen habe ich überhaupt ihre Gedanken von dieser Sache weggelassen, und sie bis hieher als Einleitung zu den Erklärungen dieser merkwürdigen Erscheinungen verspäret, welche ich, so gut als ich sie habe finden können, liefere, ob sie gleich, ich gestehe es, noch unvollkommen sind. Bey dieser verworrenen Sache weiß ich es nicht besser zu machen, als daß ich erst die merkwürdigsten Ereignisse selbst erzähle, und darauf die Gedanken der vornehmsten Naturforscher darüber vortrage.

Höfe was sie sind,

Höfe (Coronae, halones) sind helle Ringe, welche die Sonne, den Mond, die Planeten und die Fixsterne bisweilen umgeben. Zuweilen sind sie weiß, zuweilen farbicht, wie der Regenbogen. Zuweilen sieht man nur einen, zuweilen aber auch zu derselben Zeit mehrere concentrische Höfe. Diejenigen, welche man um den Sirius und Jupiter gesehen hat, waren nie über drey bis fünf Grade breit; die um den Mond sind gleichfalls zu Zeiten nicht über drey oder fünf Grade groß; aber diese Mondshöfe sind übrigens, wie die Höfe um die Sonne, von sehr verschiedener Größe, als von 12° 0′; 22° 35′; 30° 0′; 38° 0′; 41° 2′; 45° 0′; 46° 24′; 47° 0′; und 90°, ja noch größer. Ihre Größe bleibt selbst während ihrer Erscheinung nicht einerley, und die Breite der weißen sowohl als der farbigten Ringe ist sehr unterschieden, als von 2, 4 oder 7 Grad.

Ihre Farben.

Die Farben dieser Höfe sind blasser als die an den Regenbögen, folgen auch in verschiedener Ordnung auf einander, nachdem die Höfe groß sind. An denen, welche **Newton** 1692 beobachtete, wovon unten noch besonders geredet werden soll, waren sie, von inwendig gerechnet, in folgender Ordnung. An dem innersten blau, weiß und roth; an dem mittlern purpur, blau, grün, gelb und blaßroth; an den äußersten blaßblau und blaßroth. **Huygens** beobachtete einen Hof, der nach der Sonne hin roth, auswärts blaßblau war. Bisweilen sind sie einwärts roth, auswärts weiß. **Weidler** sahe einen, der inwendig gelb, auswärts weiß war. In Frankreich ward einer im J. 1683 beobachtet, der in der Mitte weiß war, mit einer rothen Einfassung, worauf ein blauer, alsdenn ein grüner und zuletzt ein hellrother Kreis folgete. Im J. 1728 ließ sich ein Hof sehen, der auswärts blaßroth war, worauf gelb und ferner grün kamen, und weiß den Beschluß machete.

Sind oft zu sehen.

Die Höfe sind häufig zu sehen. In Holland kann man ihrer, wie **Muschenbroek** erzählet, fast jedes Jahr über funfzig bey Tage erblicken; man giebt nur nicht viel Acht darauf, weil man nicht gewohnt ist, nach der Sonne hinzusehen, und man auch, um sie wahrzunehmen, sich fast immer so stellen muß, daß

man

man den Körper der Sonne nicht selbst, sondern nur den benachbarten Theil des Himmels in die Augen bekomme. **Middleton** saget, daß die Höfe in Nord-Amerika sehr häufig sind, indem man daselbst mehrentheils alle Woche einen oder zween um die Sonne, und alle Monat einen oder zween um den Mond sehe [a]). Höfe um die Sonne sieht man in Rußland sehr häufig. Herr **Aepinus** erzählet, daß er vom 23. April 1758 bis zum 20. September nicht weniger als 26, ja bisweilen in eben dieser Zeit noch einmal so viel erblicket habe [b]).

Aehnliche Erscheinungen.

Eine ähnliche Erscheinung läßt sich hervorbringen, wenn man bey kaltem Wetter ein Licht hinter dem aufsteigenden Dunste von warmem Wasser setzet. Desgleichen, wenn man Fensterscheiben anhauchet, ein Licht einige Fuß davon auf einer Seite, und sich auf der andern stellet, wird man einen bunten Kreis um das Licht sehen. Wird in einen luftleeren Recipienten wieder Luft hineingelassen, und es steht jenseits desselben ein Licht, so wird es mit einem gefärbten Hofe umgeben werden, sobald die Luft zu einem gewissen Grad der Dichte gelanget ist, weil diese immer einige Feuchtigkeit bey sich führet. Diese ist eine vom **Otto Guericke** gemachte Beobachtung [c]). **Musschenbroek** nahm einmal im December 1756 durch sein dünne überfrornes Stubenfenster einen bunten Hof um den Mond wahr, der bloß von dem dünnen Eisscheibchen an dem Fenster herrührete, weil keiner zu sehen war, wie er das Fenster öffnete [d]).

Wunderbare Erscheinung auf den Cordelieres.

Eine Art von Hof war die merkwürdige Erscheinung, welche Hr. **Bouguer** und seine Gefährten oben auf dem Berge Pichincha in Peru wahrgenommen. Wie die Sonne just aufgieng, sahen sie auf einer weißen, etwa dreyßig Schritt von ihnen entfernten Wolke, jeder seinen eigenen Schatten und keiner des andern seinen. Wegen der mäßigen Entfernung konnten sie alle Theile des Schattens, als Arme, Beine, Kopf, deutlich unterscheiden; was sie aber erstaunt machte, war, daß jedes Kopf mit einer Art von Glorie umgeben war, die aus drey oder vier kleinen concentrischen Kreisen bestand, welche mit sehr lebhaften Farben, jeder wie der innere Regenbogen geschmückt waren, und auch das rothe nach außen hin hatten. Die Abstände dieser Bogen von einander blieben gleich, ob sich zwar die Durchmesser derselben veränderten. Der letzte war sehr matt, und in einer ziemlich großen Weite zeigete sich ein großer weißer Kreis, der jene alle umgab. So gut Hr. Bouguer die Größe dieser Kreise messen konnte, war der erste etwa $5\frac{2}{3}$, der zweyte 11, der dritte 17 Grad groß; der Durchmesser des weißen Kreises hielt etwa 67. Diese Erscheinung zeigte sich nicht anders, als auf einer aus gefrornen Theilchen bestehenden Wolke, niemals auf Regentropfen. War die Sonne nicht im Horizonte, so war von dem weißen Kreise bloß ein Theil zu sehen, wie es Bouguer hernach oft beobachtet hat. Eine Erklärung hat weder er, noch einer von allen, die nach ihm diese Begebenheit erzählet haben, zu geben unternommen [e]).

Eine

a) Musschenbroek Introductio, vol. 2. p. 1036.
b) Noui Comm. Petrop. Vol. 8. p. 392.
c) Experim. Magdeb. p. 89.
d) Introductio, Vol. 2. p. 1046.
e) Mem. de l'Ac. de Paris, 1744. p. 366. (Ulloas Reisen, in der allgemeinen Historie der Reisen. Th. 9. K.)

und auf einem Schottischen Berge.

Eine dieser sonderbaren Erscheinung ähnliche beobachtete auch Dr. M'Fait in Schottland. Er nahm um seinen Schatten auf dem Nebel, über welchem er auf einer Anhöhe erhoben war, einen Regenbogen wahr. Von diesem Standpuncte schien ihm die ganze Gegend umher gleichsam als von einer Sündfluth bedecket, nur hier und da ragten die Spitzen entfernter Hügel aus der Fluth hervor, und nicht anders als mit Schwindel ließ sich in die Tiefe hinabsehen. Ein andermal sah er unter diesen Umständen eine doppelte Reihe von Farben um seinen Schatten. Die Farben der äußern Reihe waren breit und sehr deutlich, allenthalben zween Fuß von seinem Körper entfernet. Darauf folgete ein schwärzlicher Zwischenraum, und nach diesem eine schmälere Reihe von Farben, die sich hart an den Schatten schloß, der sehr verkürzet war. Er scheint diese Farben der Beugung des Lichtes zuzuschreiben, eben der, welche den hellen Rand um die Schatten aller Körper, den Maraldi und dieser Verfasser wahrgenommen, verursachet f).

Schwierigkeit der Erklärung der Höfe.

Dieses sind die Ereignisse, welche ich, was die Höfe betrifft, habe zusammenbringen können, und sie sind ohne Zweifel sehr merkwürdig und unterhaltend. Nur wünschte ich, daß ich eben so gut im Stande wäre, den Leser in Absicht auf die Entstehungsursache zu befriedigen. Ueberhaupt bemerke ich, daß die unendlichen Abwechselungen, die sich dabey zeigen, anzudeuten scheinen, daß viele dieser Erscheinungen nicht aus den allgemeinen Gesetzen der Brechung, Zurückwerfung und Beugung, wie sie an durchsichtigen Körpern von beträchtlicher Größe sich äußern, herzuleiten seyn mögen: sondern daß es dabey auf die wechselsweise vorgehende Zurückwerfung und Durchlassung der ungleichartigen Strahlen ankömmt, welche Körpern eigen ist, die in dünne Scheibchen zerblättert, oder in sehr kleine Theilchen zerfället sind. Wo aber die Höfe ziemlich von einerley Größe und Breite sind, wie es der Fall mit dem gewöhnlichen größern Hofe um die Sonne oder um den Mond ist, der ohngefehr halb so groß ist als der Regenbogen, da mag man vielleicht mit den allgemeinen Gesetzen der Strahlenbrechung auskommen können. Kann ich also zwar nicht selbst den Leser hierüber befriedigen, so will ich doch suchen, ihm einige Unterhaltung und Anleitung zum eigenen Nachdenken über die Sache dadurch zu verschaffen, daß ich ihm eine Sammlung von allerhand Erklärungen vorlege.

Des Descartes Erklärung.

Descartes bemerket, daß während eines Regens kein Hof sich sehen läßet, und folgert daraus, daß diese Erscheinung von der Brechung der Strahlen in den runden Eistheilchen, die alsdenn in der Luft sich aufhalten, herrühren möge. Diese sind zwar platt, wenn sie auf den Boden fallen, allein sie mögen, seiner Meynung nach, wohl in der Mitte erhaben gewesen seyn, ehe sie niederfielen, und nach Maaßgabe dieser Erhabenheit glaubet er, werde der Durchmesser des Hofes veränderlich seyn g).

Meynung des Gassendi.

Gassendi nimmt in seiner Abhandlung von den Lufterscheinungen an, daß ein Hof mit einem Regenbogen einerley sey, daß dort wie hier die Strahlen in jedem Tropfen zweymal

f) Edinburgh Essays, vol. I. p. 198. g) Dioptrica, p. 230.

zweymal gebrochen und einmal zurückgeworfen werden, und daß der ganze Unterschied von der Lage des Beobachters gegen beyde herrühre. So viel aber auch dieser Schriftsteller hierüber vorbringt, und so sehr er sich bemühet, den Grund anzugeben, warum die Farben an den Höfen in einer andern Ordnung als an dem Regenbogen auf einander folgen, so machet er doch durch keine Zeichnung des Weges der Strahlen, von der Sonne durch die Tropfen bis zum Auge des Zuschauers, seine Meynung und Erklärung begreiflich [h]).

Erklärung des Dechales.

Dechales bemühet sich gleichfalls, die Entstehungsart der Höfe aus ähnlichen Gründen wie den Regenbogen zu erklären. Wenn eine gläserne mit Wasser gefüllte Kugel AB, saget er, in die von C herkommenden Sonnenstrahlen gehalten wird, so werden sich nicht allein zween farbichte Kreise, auf der Seite nach der Sonne hin zeigen, welche die beyden Regenbogen bilden, sondern auch auf der andern Seite wird ein solcher entstehen, indem die dazu gehörige Strahlen, nachdem sie sich in E gekreuzet haben, wieder auseinander fahren, und den farbigten Kreis G F bilden, wie man sehen wird, wenn man die durchgelassenen Strahlen mit einem Blatte weißes Papieres auffängt. Die Farben werden sich auch zeigen, wenn man sein Auge irgendwo innerhalb des Kegels F E G stellet. Den Winkel FEH fand er 23 Gr. groß. Es waren bloß die äußern Strahlen dieses Kegels, welche so wie die von dem Regenbogen herkommenden gefärbet waren. fig. 103.

Vermitelst dieses Versuches glaubete er die Entstehung der Höfe völlig erklären zu können. Wenn nämlich die Wolken vor der Sonne oder dem Monde weder zu dichte noch zu dünne sind, so müsse allemal ein Hof um sie entstehen, und die Regenbogenfarben werden sich an den Tropfen zeigen, die 23 Gr. von der Sonne oder dem Monde entfernet sind. Ist die Sonne in A, der Zuschauer in B, so wird der Kreis DFE, welcher in B unter dem Winkel DBE von 46 oder zweymal 23 Gr. erscheint, den Hof darstellen. Daß die Farben des Hofes blasser als an dem Regenbogen sind, rühret nach seiner Meynung daher, daß jener nicht in großen Regentropfen, sondern in sehr kleinen Dünsten gebildet wird. Denn wenn die Tropfen so groß als bey dem Regenbogen wären, so würde die Wolke so dick seyn, daß die Strahlen nicht regelmäßig durchgelassen werden könnten. Er hatte auch bemerket, daß die Farben des Regenbogens kaum zu erkennen waren, wenn er in sehr dünnen Dünsten gebildet ward. fig. 104.

Die farbichten Kreise, welche man oft um Lichtflammen sieht, schreibt er einzig und allein einer auf dem Auge befindlichen Feuchtigkeit zu, weil er diese Erscheinung durch bloße Dünste nicht hätte hervorbringen können, wenn er seine Augen wohl ausgewischet hatte. Auch hätte er wahrgenommen, saget er, daß solche Kreise von einigen Personen gesehen worden, von andern nicht, wie auch von derselben Person zu einer Zeit, und zu einer andern nicht [i]).

Huygens künstliche Erklärung.

Die vornehmste Theorie der Höfe, welche den meisten Beyfall erhalten hat, ist die von Huygens vorgetragene. Newton redet mit vieler Achtung davon, und

h) Gassendi Opera, vol. 2. p. 103.

i) Cursus mathematicus, vol. 3. p. 758.

und Smith, in seinem vollständigen Lehrbegriff der Optik, nimmt sich nicht die Mühe, eine andere nur zu erwähnen. Deswegen werde ich dem Leser eine umständlichere Nachricht davon zu ertheilen haben, als ich sonst selbst denken sollte, daß sie verdienete.

Huygens machte seine Gedanken bey Gelegenheit des am 12 Merz 1667 zu Paris gesehenen Hofes bekannt, und las in der dortigen Akademie eine Abhandlung darüber vor, die nachher übersetzet in den englischen physikalischen Transactionen erschienen ist, und in Lowthorps Auszug, 2. B. S. 189 stehet. Dieser Auszug enthält aber bloß die Hauptstücke einer von ihm nachher über diese Materie verfertigten Abhandlung, welche er unvollendet gelassen hat. Sie ist von Dr. Smith übersetzet und etwas vermehret, und das folgende ist hauptsächlich daraus genommen k).

Die erste Veranlassung dieser Sache nachzudenken gab unserm Naturforscher die Erscheinung von fünf Nebensonnen zu Warschau im Jahre 1658, worauf er sogleich, wie er saget, erstlich die wahre Entstehungsart der Höfe, und darauf bald auch der Nebensonnen entdeckte.

Voraussetzungen.

Zur Erläuterung der folgenden Theorie ist zu bemerken, daß, wenn sich Körper in der Atmossphähre angeben lassen, die nach den bekannten optischen Gesetzen, es sey vermittelst der Brechung oder Zurückwerfung, die oben angeführten Erscheinungen hervorbringen können, wir die Hypothese, wenn sonst nichts schickliches erdacht werden kann, gelten lassen, und solche Körper als wirklich vorhanden annehmen müssen, sollten wir auch gleich nicht im Stande seyn, ihre Entstehungsart völlig begreiflich zu machen. Das ist der Fall mit den vom Huygens angenommenen Körpern, wovon die eine Gattung runde Kügelchen mit einer undurchsichtigen Schale, und die andere, Cylinder von ähnlicher Beschaffenheit sind. Die erste braucht er zur Erklärung der Nebensonnen. Ganz willkührlich sind diese Körper doch nicht erdacht; denn man hat dergleichen, wiewohl etwas größer, als Huygens die seinigen machet, wirklich gefunden, die inwendig aus Schnee, auswärts aus Eis bestanden. Descartes insbesondere erwähnet ihrer. Ich mache mit dieses Verfassers Erklärung der Höfe den Anfang.

Art der Brechung der Strahlen.

Die Kügelchen mit dem undurchsichtigen Kerne nimmt er etwa so groß als Rübesaamen an, stellet aber, zur Erklärung seiner Meynung, die Figur eines solchen vergrößerten Kügelchens dar, nämlich A B C D, wo E F den Kern vom Schnee bedeutet. Wenn die von G H herkommende Strahlen auf die Fläche A D fallen, so müssen sie zur Seite gelenket werden, so daß ein Theil auf den Kern stößet, andere ihn berühren, und nach einer nochmaligen Brechung in B und C nach B K, C K herausfahren, und sich in K, kreuzen, einem Puncte, der um etwas weniger als der Halbmesser des Kügelchens von diesem entfernet ist. Wenn also B K und C K nach M und L hin verlängert werden, so kann in ein innerhalb des Winkels oder viel=

fig. 105.

k) Sie ist unter seinen Opp. posthumis unter dem Titel: dissertatio de coronis et parheliis herausgekommen. K.

vielmehr Kegels LKM befindliches Auge kein Licht von der Sonne kommen, weil die übrigen weiter von dem Kerne vorbeygehenden Strahlen noch mehr auseinander fahren. Auf gleiche Art haben alle andere ähnliche Kügelchen einen Schattenkegel hinter sich, innerhalb dessen das Auge keine Strahlen durch das Kügelchen bekommen kann. Ist das Auge in N, und stellet man sich diesen Punct als den Scheitel eines Kegels vor, dessen Seiten NR, NQ mit den Seiten des obigen Kegels KL, KM parallel sind, so kann keines von den Kügelchen innerhalb des Kegels QNR Strahlen in das Auge bey N senden. Aber jedes andere Kügelchen außerhalb des Kegels QNR kann Strahlen in das Auge schicken, solche nämlich, die mehr als der Strahl XZ gebrochen werden; und daher wird ein solches erleuchtet, die andern innerhalb des Kegels dunkel erscheinen. Demnach muß eine gewisse Area oder Fläche rund um die Sonne herum dunkel aussehen, die Theile außerhalb dieser Fläche aber helle, und zwar nahe an derselben am hellesten, weil es leicht, saget unser Verfasser, zu erweisen steht, daß die zunächst dem Kegel QNR befindlichen Kügelchen das größeste Bild der Sonne machen. Es muß auch ein Hof um die Sonne, bey jeder Höhe derselben, auf dieselbe Art entstehen, weil die Kügelchen, sowohl wie der Kern, kugelrund sind.

Fig. 106.

Zur Bestätigung seiner Erklärung saget Huygens, solle man eine Kugel von dünnem Glase, die mit Wasser gefüllet ist, und eine undurchsichtige kleinere Kugel enthält, in die Sonnenstrahlen hängen, so werde man kein Bild der Sonne auf ihr sehen können, wenn sie nicht bis auf eine gewisse Weite von der Linie, die durch das Auge nach der Sonne geht, entfernet wird; sobald man aber das Sonnenlicht von ihr zu erhalten anfange, werde man ein helle leuchtendes Bild der Sonne, und zugleich eine rothe Farbe erblicken.

Versuch zur Bestätigung.

Diese Kügelchen, nimmt er an, sind zuerst sehr feiner Schnee gewesen, der durch die beständige Bewegung der Luft die runde Gestalt bekommen hat, und darauf nach außen hin aufgethauet ist. Er berechnet, daß sich der Halbmesser des ganzen Kügelchens zu dem Halbmesser des Kernes, wie 1000 zu 480 verhalten müsse, wenn der Hof 45 Grad im Durchmesser groß seyn soll; und wie 1000 zu 680, wenn er 90 Gr. halten soll.

Weidler hält es in seiner über die Nebensonnen zu Wittenberg 1738. herausgegebenen Abhandlung für sehr unwahrscheinlich, daß Körper, wie Huygens sie voraussetzet, just mit den gehörig abgemessenen Kernen, vorhanden seyn sollten; und wenn sie auch wirklich wären, würden sie, wie er glaubet, doch zu klein seyn, die ihnen zugeschriebenen Wirkungen hervorzubringen. Außerdem, saget er, sind Erscheinungen, wie Höfe, nichts ungewöhnliches, wenn auch nichts anders als wässerichte Feuchtigkeiten vorhanden ist, als wenn ein brennend Licht hinter dem Dampfe von kochendem Wasser bey Frostwetter, oder in die aus einem Bade häufig aufsteigenden Dünste, oder hinter einem Recipienten gestellet wird, worinn die Luft so verdünnet ist, daß sie die in ihr enthaltenen Wassertheilchen nicht mehr tragen kann. Bloß kleine Wassertropfen, ohne einen undurchsichtigen Kern, in welchem das Sonnenlicht zweymal gebrochen und zweymal zurückgeworfen worden, seyn hinlänglich

Weidlers Einwendungen.

lich, alle die Erscheinungen solcher Höfe hervorzubringen, an welchen die rothe Farbe nach der Sonne hinliegt, wie es sich auch durch die Erfahrung beweisen lasse [l]).

Mariottens Erklärung.

Mariotte leitet die Entstehung der kleinen Höfe von der zweymaligen Brechung des Lichtes in wässerichten Dünsten ohne eine dazwischen vorfallende Zurückwerfung her. Die Strahlen, welche solchergestalt durch die Tropfen ins Auge kommen, werden, wie er zeiget, hauptsächlich die fast senkrecht auffallenden seyn, nicht allein, weil von diesen auf eine gegebene Fläche mehrere fallen, und weniger zurück geworfen werden, sondern auch, weil sie nach der Brechung weniger zerstreuet werden. Höfe, welche auf diese Art entstehen, werden auswärts roth erscheinen, weil die rothen Strahlen am wenigsten gebrochen werden. Diejenigen Höfe, welche zwo Reihen von Farben zeigen, läßt er aus kleinen Stücken Schnee entstehen, die, indem sie zu schmelzen anfangen, Figuren machen, die gegen die Enden zu etwas erhoben sind. Bisweilen, saget er, werde der Schnee in allerhand Figuren sich auflösen; alsdenn würden die Farben eines Hofes sich mit einander vermischen, wie er es bisweilen um die Sonne wahrgenommen habe.

Die größern Höfe, besonders die von etwa 45 Gr. im Durchmesser, zu erklären, nimmt er gleichseitige Prismen von Eis an, welche er in einer gewissen Lage gegen die Sonne sich vorstellet; und giebt sich auch die Mühe den Weg der Strahlen nach dieser Angabe zu zeichnen. Allein diese Erklärung ist zu unwahrscheinlich, als daß ich mich weiter dabey aufhalten dürfte. Er glaubet, daß auch in einigen Fällen diese größern Höfe durch Hagelsteine von pyramidalischer Figur hervorgebracht werden möchten, weil ein paarmal, nachdem man solche Höfe um die Sonne gesehen hat, denselben Tag dergleichen pyramidalischer Hagel gefallen ist. Die Nebensonnen erkläret Mariotte auf dieselbe Art [m]).

Newtons Gedanken.

Newton hat sich, so viel man sieht, um die Erklärung der Höfe nicht besonders bekümmert, aber doch seine Meynung davon gelegentlich geäußert. Man erkennt daraus, daß er glaubet, die größern und wenigern Abwechselungen unterworfenen Erscheinungen dieser Art mögen nach den allgemeinen Gesetzen der Brechung entstehen, die kleinern und veränderlichern aber mit den Erscheinungen der Farben an dünnen Blättchen einerley Ursache haben. Seine Erklärung des Regenbogens beschließt er mit folgenden Anmerkungen über Höfe und Nebensonnen. Das Licht, welches durch Regentropfen nach zwo Brechungen ohne Zurückwerfung geht, muß am stärksten in einer Entfernung von etwa 26 Gr. von der Sonne seyn, und von da auf beyden Seiten nach der Sonne hin und von ihr abwärts allmählig schwächer werden. Dasselbe gilt auch vom Lichte, welches durch sphärische Hagelkörner geht. Sind diese nur ein wenig platt gedrücket, wie sie es oft sind, so kann das durchgehende Licht so stark seyn, daß dadurch in einer etwas kleinern Entfernung als 26 Gr. ein Hof um die Sonne oder den Mond entsteht, der auch, wenn der Hagel die gehörige Gestalt hat, Farben bekommen kann, und denn muß er inwendig roth durch die am wenigsten brechbaren Strahlen, auswärts blau durch die brechbarsten

l) Comment. de parheliis, p. 24.

m) Oeuvres de Mariotte, p. 268. seqq.

barsten erscheinen; noch mehr, wenn die Hagelkörner inwendig undurchsichtige Kerne von Schnee haben, um, wie Huygens gezeiget hat, das Licht innerhalb des Hofes aufzufangen, und die inwendige Seite deutlicher begränzet zu machen, als sie es sonst seyn würde. Denn solche Hagelkörner, wenn sie gleich sphärisch sind, können dadurch, daß sie das Licht durch den Schnee auffangen, den Hof inwendig roth, auswärts farbenlos, und innerhalb des rothen dunkler als auswärts machen, wie es an den Höfen wahrgenommen wird. Unter den Strahlen nämlich, die nahe an dem Kerne vorbeyfahren, werden die rothen Strahlen am wenigsten gebrochen, und kommen durch den geradesten Weg ins Auge. Das Licht, füget er hinzu, welches nach zwo Brechungen und drey oder mehr Zurückwerfungen in dem Tropfen ins Auge kömmt, ist schwerlich stark genug, einen Bogen empfindbar zu machen; vielleicht mag es aber in den Cylindern von Eis, welche Huygens zur Erklärung der Nebensonnen brauchet, noch hiezu hinlänglich seyn n).

Noch einige hieher gehörige Anmerkungen vom Newton finden sich bey seinen Untersuchungen über die Farben dicker Gläser, welche er mit denen an dünnen Blättchen erzeugeten für gleichartig hielt. So wie das von der Hinterfläche eines foliirten Linsenglases zurückgeworfene Licht, gewisse Farbenringe hervorbringt, so muß es auch dergleichen Ringe bey dem Durchgange durch einen Regentropfen machen. Bey der ersten Zurückwerfung der Strahlen innerhalb des Tropfens müssen einige Gattungen von Strahlen durchgelassen werden, wie es sonst bey einer Linse geschieht, und die andern werden zurück ins Auge geworfen. Ist z. E. der Durchmesser eines kleinen Wassertropfens $\frac{1}{500}$ Zoll groß, so daß ein rother Strahl 250 Anwandlungen des leichtern Durchgehens innerhalb des Kügelchens hat, indem er längst dem Durchmesser fortgeht, und daß alle rothe Strahlen, die in einer gewissen Entfernung von diesem mittlern sind, 249 Anwandlungen innerhalb des Kügelchens haben, daß ferner alle ähnliche Strahlen in einer noch etwas größern Entfernung 248 solche Anwandlungen bekommen, und so weiter: so werden diese concentrische Kreise von Strahlen, wenn sie nach ihrem Durchgange auf ein weißes Papier fallen, concentrische Farbenringe darauf bilden, woferne anders das Licht stark genug ist, um empfindbar zu bleiben. Gleichergestalt werden die Strahlen von andern Farben Ringe von andern Farben darstellen. Man gedenke sich nun an einem heitern Tage die Sonne von einer dünnen Wolke solcher Wasser- oder Hagelkügelchen bedecket, die alle von gleicher Dicke sind, so wird sie durch diese Wolke mit dergleichen concentrischen Farbenringen umgeben scheinen, und der Durchmesser des ersten rothen Ringes wird $7\frac{1}{4}$ Gr. des zweyten $10\frac{1}{4}$ Gr. des dritten $12° 33'$ betragen, und nachdem die Wasserkügelchen größer oder kleiner sind, werden die Ringe kleiner oder größer ausfallen.

Newtons Wahrnehmungen.

Diese Theorie ward, wie unser Verfasser erzählet, durch eine von ihm im Junius 1692. gemachte Beobachtung bestätiget. In einem Gefäße mit stillstehendem Wasser sahe er mittelst der Zurückstrahlung drey Höfe oder Farbenringe um die

n) Newtoni Optica. L. 2. P. 2. prop. 9. p. 146.

die Sonne, wie drey kleine concentrische Regenbogen. Die Farben des ersten zunächst der Sonne waren blau inwärts, roth nach außen, weiß in der Mitte zwischen dem blauen und rothen. Der zweyte Ring war inwärts purpur und blau, nach außen blaßroth, grün in der Mitte. Der dritte Ring war blaßblau nach innen, und blaßroth nach außen. Diese Ringe schlossen sich dicht an einander, so daß ihre Farben in folgender Ordnung gleich auf einander von der Sonne nach außen hin folgeten; blau, weiß, roth; purpur, blau, grün, blaßgelb, roth; blaßblau, blaßroth. Der Durchmesser des zweyten Ringes von der Mitte des gelben und rothen auf der einen Seite der Sonne bis eben dahin auf der andern Seite betrug ohngefähr $9\frac{1}{3}$ Grad. Die Durchmesser der beyden andern Ringe hatte er nicht die Zeit zu messen, es schien aber der erste Ring etwa 5 oder 6 Grad, der dritte etwa 12 Grad breit zu seyn. Zween dergleichen Ringe sahe er um den Mond im Jahre 1664. den 19. Februar des Abends, wovon der innere drey Grad, der zweyte $5\frac{1}{2}$ Grad groß war. Zunächst um den Mond war ein weißer Kreis, worauf der innere Ring folgete, der inwärts bläulicht grün, und nach außen gelb und roth war, und zunächst diesem folgeten blau und grün an der innern Seite des zweyten Ringes, und roth auf der äußern Seite desselben.

Zu eben der Zeit erschien ein Hof in einer Weite von 22° 35′ vom Monde. Er war elliptisch, seine große Axe war senkrecht auf den Horizont, und unterhalb des Mondes länger als darüber. Andere haben, wie ihm erzählet ward, zuweilen drey und mehr concentrische Farbenringe, die sich zunächst um den Mond an einander geschlossen, gesehen. Je gleicher sich nämlich die Wasser- oder Eiskügelchen einander kommen, desto mehr Ringe werden sich sehen lassen, und desto lebhäfter werden ihre Farben seyn. Der Hof, welcher $22\frac{1}{2}$ Gr. vom Monde abstand, war von einer andern Gattung. Weil er länglicht, und mit seinem untern Ende weiter vom Monde abstand, als mit dem obern Ende, so folgert Newton daher, daß derselbe durch die Brechung der Strahlen in einer Art von Hagel oder Schnee, der in der Luft horizontal geschichtet gewesen, entstanden sey o). Allein Dr. Smith zeiget deutlich genug, daß es nur ein Gesichtsbetrug gewesen, daß der Hof diese Figur gehabt, so wie der Mond selbst am Horizonte größer zu seyn scheint.

Kotelnikows Erklärung.

Simon Kotelnikow, der so wie Halley über die Zahl der möglichen Regenbogen genaue Untersuchungen angestellet, sieht den bunten Hof, der bisweilen um eine Lichtflamme erscheint, als von einerley Art mit einem der Regenbögen an, die nahe bey der Sonne erscheinen würden, wenn ihr überstarker Glanz es nicht hinderte p).

Mußchenbroeks Meynung.

Mußchenbroek endlich beschließt seine Nachrichten von Höfen damit, daß er saget, es möchten Dünste oder Schreibchen Eis von einer gewissen Dicke nach Maaßgabe dieser Dicke das Licht entweder bey dem Durchgange durch die Wasserkügelchen selbst oder durch ihre Zwischenräumchen in allerhand Farben zerspalten, läßt

o) Ibid. L. 2. P. 4. obs. 13. p. 269.

p) Noui Comm. Petrop. vol. 7. p. 276.

läßt sich aber auf eine nähere Bestimmung dieser Dicke oder der Größe ihrer Theilchen nicht ein [q]).

Das sind alle die Bemerkungen von Wichtigkeit, die ich, was die Höfe betrifft, habe zusammenbringen können. Ich muß mich itzt zu der Betrachtung eines weit prächtigern Phänomenons oder vielmehr einer ganzen Reihe von Erscheinungen wenden, welche zu sehen, man selten das Vergnügen hat: ich meyne die Nebensonnen und die sie begleitenden Kreise.

Historische Nachrichten von Nebensonnen.

Der **Nebensonnen** erwähnen schon die Alten. **Aristoteles** erzählet, daß man zwo im Bosphorus vom Morgen bis zum Abend gesehen habe, wiewohl man sonst, saget er, sie gewöhnlich nicht sieht, als wenn die Sonne nahe beym Horizonte ist. **Plinius** hat aller der Bürgermeister Namen uns aufbehalten, unter welchen man Nebensonnen zu Rom gesehen hat. **Gassendi** berichtet, daß er in den Jahren 1635. und 1636. oft eine Nebensonne erblicket habe. Im J. 1689. sahe **de la Hire** zwo, desgleichen **Cassini** im J. 1693; **Grey** im J. 1700. und **Halley** im J. 1702; aber die berühmteste Erscheinung dieser Art, war die von **Scheinern** zu Rom wahrgenommene, da vier Nebensonnen sich zeigeten. Doch hat **Musschenbroek** zu Utrecht eben so viele gesehen, und **Hevel** zu Danzig im J. 1661. sogar sieben.

Gestalten der Nebensonnen.

Die Nebensonnen haben einerley scheinbare Größe mit der wahren Sonne, sind aber nicht kreisrund, auch nicht immer, wiewohl sie es bisweilen seyn sollen, so glänzend wie die wahre Sonne. Wenn ihrer mehrere sich zeigen, so glänzen einige nicht so stark wie die andern. Am Rande sind sie farbicht wie der Regenbogen, auch haben sie oft einen langen feurigen Schweif, nach der von der Sonne abgekehrten Seite, der aber nach dem Ende hin blasser wird. **Halley** hat eine Nebensonne gesehen, die auf beyden Seiten einen Schweif hatte, desgleichen **Musschenbroek** im J. 1753. Diese Schweife lagen in der geraden Linie nach der Sonne hin; auch hat man Schweife auf farbichten Kreisen liegen gesehen. **Weidler** sahe eine Nebensonne mit zween Schweifen, einen aufwärts, den andern unterwärts gekehret, und ein wenig gekrümmet; der auswendige Rand in Absicht auf die Sonne war purpurfärbig, der inwendige roth mit den andern Regenbogenfarben. Diese Schweife liegen mehrentheils in einem horizontalen Kreise; bisweilen fehlen sie [r]).

Höfe bey den Nebensonnen.

Nebensonnen sind gewöhnlich von Höfen begleitet, die zum Theil weiß, zum Theil wie der Regenbogen gefärbet sind. Ihre Zahl und Größe ist unterschiedlich, ihre Breite aber ist allemal dieselbe, so groß wie der scheinbare Durchmesser der Sonne. Ein großer weißer, mit dem Horizonte paralleler Kreis geht mehrentheils durch alle Nebensonnen, und würde, wenn er ganz wäre, durch den Mittelpunct der Sonne gehen. Bisweilen sind noch Bögen kleinerer, mit diesem concentrischen Kreise vorhanden, welche durch die farbichten Kreise um die Sonne gehen, und sie bloß mit ihrer Breite, in der durch die Sonne und das Zenith gehenden

q) Introductio, p. 1037.

r) Ibid. p. 1039.

henden Ebene, bedecken; sie sind auch farbicht, und enthalten andere Nebensonnen. Es sollen sich auch wohl noch andere Kreise in einer schiefen Lage gegen jene haben sehen lassen, wovon ich aber keine bewährte Nachrichten finde. Die Ordnung der Farben an den bunten Kreisen ist wie an dem Regenbogen; inwärts nach der Sonne sind sie roth, wie es mehrentheils bey den Höfen um die Sonne zu seyn pfleget.

Nebensonnen mit drey Schweifen.

Eine merkwürdige Erscheinung dieser Art sahe **Mußschenbroek** im J. 1753. den 18. October zu Leiden. Es war nur eine einzige Nebensonne, die aber drey Schweife hatte, zween mit dem Horizont gleichlaufend, den dritten senkrecht aufwärts gerichtet. Dieser war 12. Gr. lang, mit den Regenbogenfarben lebhaft geschmücket, von welchen das rothe nach der Sonne gekehret war. Nach dem Zenith hin zeigete sich ein farbichter Bogen, so groß als der vierte Theil eines mit dem Horizonte gleichlaufenden Kreises von 50 Grad im Durchmesser. Er war so breit als ein Hauptregenbogen, und war mit der erhabenen Seite nach der Sonne gekehret, von welcher er 47 Grad abstand. Die sieben Regenbogenfarben, von welchen das rothe nach der Sonne zugekehret war, waren ganz besonders lebhaft, und deutlicher unterschieden, als man sie durch das beste Prisma sehen mag. Der Himmel war damals mit einem dünnen Nebel bedecket, mit hin und wieder zerstreueten kleinen weißen Wolken, und es regete sich kein Wind.

Farbichte Bogen ohne Nebensonne.

Eine Erscheinung, die, wie Mußschenbroek dafür hält, dieser von ihm wahrgenommenen ähnlich ist, ward 1750. von **Grischow** zu Berlin gesehen. Es war zwar keine Nebensonne dabey vorhanden, aber es zeigeten sich zween farbichte, gegen die Sonne erhabene Bogen, wovon der äußere 47° 10′ von der Sonne, die 18° 30′ hoch stand, entfernet war, und der innere von diesem ersten 7° abstand. An jenem folgeten die Regenbogenfarben nach der Ordnung, so daß roth den Anfang von außen auf der Seite nach der Sonne machete; an dem innern war die Ordnung umgekehret. Die Erscheinung dauerte eine halbe Stunde. Zu Anfange derselben und einige Stunden vorher hatte es nicht geregnet; es entstanden aber in der Gegend, wo sie war, trübe schwarze Wolken, aus welchen ein starker Regen fiel.

Elliptische Höfe.

Herr **Aepinus** sahe den 23. April 1758. um einen Hof um die Sonne noch eine weiße elliptische Scheibe, deren kleine Axe auf den Horizont senkrecht, und so groß als der Durchmesser des Hofes war. Eben diese Erscheinung sahe er deutlicher am 13. May, wie sie fig. 107. vorgestellet ist. Am 15. Octob. 1758. sahe er neben dem Hofe CEFD einen Bogen IHK, dessen Mittelpunct in das Zenith fiel, und der eben solche Farben wie der Hof hatte. Der oberste Punct H war 45 Grad von der Sonne entfernet. Er vermuthet, daß Nebensonnen mit elliptischen Höfen in den nördlichen Gegenden häufiger sind, so wie die mit kreisförmigen in den südlichern Ländern [s]).

fig. 107. fig. 108.

Lage und Dauer der Nebensonnen.

Nebensonnen liegen gewöhnlich in den Durchschnitten der Kreise, wiewohl **Caßini** sie auch außerhalb des farbichten Kreises gesehen hat, doch so, daß ihre Schweife

s) Noui Comm. Petrop. Vol. 8. p. 393 sq.

Schweife in einem horizontal laufenden Kreise lagen. Die Erscheinungen der Nebensonnen dauern eine, zwo, drey, ja vier Stunden; und in Nordamerika sollen sie einige Tage anhalten, und vom Aufgange der Sonne bis zum Untergange sichtbar bleiben [t]).

Beständige Nebensonnen.

Hr. **Wales** erzählet, daß zu Churchill in der Hudsonsbay vor der Sonne bey ihrem Aufgange allemal zween lange rothe Lichtströme vorhergehen, auf jeder Seite etwa 20 Grad von ihr, einer. Sie steigen mit der Sonne zugleich in die Höhe, und beugen sich, so wie sie länger werden, gegen einander, bis sie gerade über die Sonne, in dem Augenblicke, da sie aufgeht, zusammenkommen, und daselbst eine Art von Nebensonne bilden. Diese beyden Lichtströme, saget er, scheinen von zwo andern Nebensonnen, die mit der wahren Sonne zugleich aufgehen, herzukommen. In der Winterzeit, wenn die Sonne niemals über den Nebel sich erhebt, der daselbst immer am Horizonte liegt, begleiten diese Nebensonnen immerfort den ganzen Tag die Sonne, und gehen mit ihr auf dieselbe Art unter, wie sie aufgiengen. Ein oder zweymal sahe er noch eine vierte Nebensonne gerade unter der wahren, welches aber, wie er saget, etwas seltenes ist [u]). Diese Ereignisse sind wegen ihrer unveränderlichen Art von Wichtigkeit, und können zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen viel beytragen.

Drey Sonnen über einander.

Bisweilen lassen sich die Nebensonnen noch auf eine andere Art sehen. So hat **Malezieu** im Jahre 1722. drey Sonnen gerade und dichte über einander gesehen, die deutlich abgeschnitten waren, wovon die unterste den Horizont berührete, und die mittlere die wahre Sonne war. Andere Erscheinungen dieser Art erzählet Musschenbroek [v]).

Andere Erscheinungen.

Bisweilen ist die Sonne mit einem leuchtenden senkrecht aufstehenden Schweife, der so breit wie sie selbst war, aufgegangen. Dergleichen hat **Cassini** in den Jahren 1672. und 1692, **de la Hire** im J. 1702. und **Ellis** in der Hudsonsbay wahrgenommen.

Feuillee sahe einst, da er an den Ufern des Flusses de la Plata spatzieren gieng, die Sonne über dem Flusse mit einem niederwärts gestreckten Lichtschweife aufgehen, der so lange dauerte, bis die Sonne sechs Grad hoch war [w]).

Nebenmonden.

Man hat auch Nebenmonden zugleich mit Schweifen und farbichten Kreisen gesehen, eben so wie bey den Nebensonnen. Nachricht davon und die Beschreibung einer sehr schönen solchen Begebenheit findet man beym Musschenbroek [x]).

Das **Römische Phänomenon**, welches **Scheiner** 1629. den 20. März wahrgenommen, ist so berühmt, weil es das erste seiner Art war, welches die Naturforscher aufmerksam darauf machte, daß meine Leser sich wundern würden, wenn sie

Kkk 2

t) Musschenbroek Introd. p. 1041.
u) Philos. Trans. vol. 60. p. 129.
v) Introductio, p. 1046.
w) Ibid. p. 1047.
x) Ibid. p. 1046.

sie hier keine Beschreibung davon fänden. Ich will diese also hier nebst der Abbildung mittheilen [y]).

Römisches Phänomenon. fig. 109. Es ist hier A der Platz des Beobachters, B sein Zenith, C die wahre Sonne, AB eine Ebene durch den Ort des Zuschauers, die wahre Sonne und das Zenith. Um die Sonne giengen zween, nicht geschlossene, aber farbichte Ringe. Der kleinere DEF war vollständiger und vollkommener, und wenn er gleich von D bis F offen war, so suchten diese Enden sich doch immer einander zu nähern, und rückten auch bisweilen zusammen. Der andere GHI war weit blasser und kaum zu erkennen; zwar bunt von Farben, aber sehr unbeständig. Der dritte Kreis KLMN war sehr groß, ganz weiß, gieng mitten durch die Sonne, und war allenthalben mit dem Horizonte gleichlaufend. Anfangs war dieser Kreis ganz, ward aber gegen das Ende der Erscheinung von M nach N blaß und unterbrochen, daß er fast gar nicht zu erkennen war. In dem Durchschnitte dieses Kreises mit dem äußern Regenbogen GHI entstanden zwo nicht ganz vollkommene Nebensonnen N und K, wovon diese schwächer, jene stärker glänzete. In ihrer Mitte leuchteten sie fast eben so sehr wie die wahre Sonne, allein nach dem Rande hin hatten sie Farben, wie der Regenbogen, und waren da auch nicht rund und glatt abgeschnitten, sondern ungleich und höckricht. Die Nebensonne N zitterte beständig, und warf einen feuerfarbenen Schweif NP von sich. Die Nebensonnen in L und M in dem horizontalen Kreise waren nicht so glänzend wie jene, aber runder und weiß, so wie der Kreis, worauf sie sich befunden. Die Nebensonne N verschwand eher als die K, und so wie jene abnahm, nahm diese an Glanze zu, und verschwand zu allerletzt. Auch ist noch zu bemerken, daß die Ordnung der Farben in den Kreisen DEF, GHI eben die wie die an den gewöhnlichen war, nämlich das rothe war zunächst der Sonne; auch war der Durchmesser des einen Kreises 45 Gr. so groß als die Höfe mehrentheils zu seyn pflegen [z]).

Erklärung des Descartes. Zur Erklärung des horizontalen Kreises, an welchem die Nebensonnen erscheinen, nimmt Descartes an, daß eine große Menge gefrorner Dünste, durch entgegengesetzte Winde zusammengetrieben, einen gewaltig großen Cylinder bilden, der das darauf fallende Licht nach allen Seiten hin zurückwirft, und solchergestalt den hellen Schein auf den herum liegenden Wolken bildet. Dieser Einfall verdienet keine Widerlegung, so wie auch in seinem ganzen Versuche zur Erklärung des Römischen Phänomenons nichts ist, was angeführet zu werden verdienete [a]).

und des Dechales. Dechales bezeiget seine Unzufriedenheit mit allem, was bis dahin über Nebensonnen geschrieben war, hält es aber doch für möglich, daß sie durch die Zurückwerfung des Sonnenlichtes von den Wolken unter gewissen Umständen entstehen möchten,

y) Zur deutlichern Vorstellung dieser Zeichnung muß man sich die Kreise auf einer künstlichen Himmelskugel, welche man von außen betrachtet, gezogen gedenken, die beyden bey E und H in gleicher Weite von dem Orte der Sonne C, und den Kreis CKLMN in gleicher Weite vom Zenith durch die Sonne. K.

z) Cartesii Meteoron. c. 10. Hugenius de cor. et parheliis, §. 7.

a) Dioptrica, p. 234.

ten, wenn diese gleich sonst überhaupt nicht glatt genug und von der gehörigen Figur sind, um ein vollkommenes Bild der Sonne darzustellen. Denn sein Lehrer in der Philosophie hatte ihm erzählet, daß einst alle Einwohner zu Vesoul in Bourgogne durch die Erscheinung eines bewaffneten Soldaten in der Luft in ein greuliches Schrecken gerathen wären, welches Luftbild, wie er nach genauer Untersuchung gefunden, von einem Bilde des heil. Michaelis entstanden seyn müsse, das eben auf der Kirche gestanden, und sich in den Wolken abgespiegelt habe. Allein, wenn dieses sich wirklich so verhalten hätte, warum hatte sich nicht die Kirche selbst, oder doch ein Theil derselben mit abgebildet? Wenn es der Leser für gut findet, im Dechales nachzuschlagen, so wird er daselbst diese Geschichte in einem sehr ernsthaften Tone erzählet finden.

Huygens gab sich um die Erklärung der Nebensonnen und der damit verknüpften Erscheinungen nicht weniger Mühe, als er es wegen der Höfe gethan hatte. Man wird von mir vermuthlich eine Nachricht von seiner Hypothese erwarten, die ich um so viel lieber ertheile, da sie in verschiedenen Stücken wahrscheinlich ist, und überhaupt gegenwärtig mehr Beyfall findet, als seine Erklärung der Höfe.

und des Huygens.

Sobald dieser Naturforscher sich an die Untersuchung dieser Sache machte, sahe er auch ein, daß die Erscheinungen der Nebensonnen nicht von solchen kleinen Kügelchen entstehen könnten, als wodurch er die Höfe erkläret hatte. Weil inzwischen Nebensonnen immer von Höfen begleitet sind, so dachte er, sie könnten nicht anders als von einer ähnlichen Ursache herrühren. Da er nun herumsann, was für andere Gestalten, als die kugelförmige, Hagelsteine wohl möchten haben können, fand er dazu keine schicklicher als die cylindrische, um desto mehr, da er oft bemerket hatte, daß die Schneeflocken unter andern aus dünnen langen Theilchen bestünden. Die kleinen Kügelchen hatte er zur Erklärung der Höfe hinlänglich gefunden, also dachte er, eine große Menge kleiner Cylinder, die in der Luft herum schwömmen, möchten ähnliche Erscheinungen hervorbringen. Auch erinnerte er sich, daß Descartes gewisser kleiner Säulchen erwähnet, die er auf dem Boden hatte liegen gesehen, und die an den Enden mit flachen sechseckigten Sternchen begränzet gewesen waren.

Erklärung des horizontalen Kreises.

Den großen und weißen horizontalen Kreis in dem römischen Phänomenon erkläret Huygens durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von der Außenfläche dieser aufrechtschwebenden Cylinderchen, weil, wenn die Sonne auf eine Menge solcher Körperchen scheinet, ein gewisser durch die Sonne gehender horizontaler Ring von gleicher Breite mit derselben nothwendig entstehen muß. Dieses zeiget er ganz deutlich durch eine Zeichnung eines solchen Cylinders im Großen, und des Weges, welchen die zurücke geworfenen Strahlen der Sonne nehmen müssen. Denn jeder Punct der Sonne, so gut wie derselben Mittelpunct, erleuchtet einen Kreis von Cylindern, dessen scheinbare Höhe mit der Höhe des erleuchtenden Punctes einerley ist. Man muß dabey bemerken, daß, so wie die Sonne ihre Höhe ändert, dieser Kreis seine Höhe mit ihr gleichfalls ändert, und größer oder kleiner wird; wie auch daß verschiedene von einander weit abstehende Zuschauer dennoch jeder seinen besondern,

durch die Sonne gehenden Kreis sehe, wie es mit dem Regenbogen geschieht. Ferner, daß zur Zeit der Erscheinung dieser Kreise oder Ringe keine dicke Wolken in der Luft wahrgenommen werden, sondern nur so dünne, daß man sie kaum erkennen kann, weil bey den meisten Beobachtungen der Himmel als heiter angegeben wird. Dieses stimmet sehr wohl mit der Voraussetzung überein, weil diese kleine Cylinder eine dünne, gleichförmig ausgedehnte Wolke bilden müssen, durch welche man die Sonne und selbst den blauen Himmel muß sehen können.

Der beyden nächsten Nebensonnen.

Die beyden Nebensonnen bey N und K lässet Huygens von eben diesen aufrechtschwebenden Cylinderchen entstehen, aber vermittelst einer gedoppelten Brechung der Sonnenstrahlen, völlig auf die Art wie bey den Höfen, weil er die Cylinderchen inwendig aus Schnee, auswendig aus Eis bestehen lässet. Die Sonne kann wegen des Schneekernes durch die Cylinder nicht gesehen werden, die auf dem Bogen KN des weißen Kreises befindlich sind, und deswegen ist auch die Entfernung der Nebensonnen von einander desto größer, je größer der Schneekern gegen den ganzen Cylinder ist. Die Sonne scheint am hellesten durch die außerhalb KN befindlichen und zugleich nächst daran liegenden Cylinderchen, etwas auch noch durch die darauf folgenden, aber immer schwächer und schwächer bis auf eine gewisse Weite. Daher der Schweif der Nebensonnen, welcher nach der Richtung des weißen Kreises hinläuft, und so weit er sich erstrecket, diesen heller machet. Der Schweif der Nebensonne N ist zwar außerhalb des Kreises gezeichnet, allein dies muß ein Irrthum seyn. **Hevel** hat es besser angegeben. Obgleich der Nebensonne K kein Schweif beygeleget wird, so muß doch gewiß ein Theil des weißen Kreises seinen Schweif ausgemacht haben, wenn er gleich nicht gut zu erkennen war, wie denn auch diese Nebensonne schwächer als die andere am Glanze gewesen. Denn daß Nebensonnen sowohl als Nebenmonden immer Schweife haben, erhelle, saget Huygens, sowohl aus Hevels Beobachtungen als seinen eigenen. Was endlich noch den außerordentlichen Glanz dieser Nebensonnen betreffe, so könne man diesen leicht erklären, wenn man bedenke, daß jeder Cylinder nach seiner ganzen Länge glänze, dagegen die runden Körperchen bey den Erscheinungen der Höfe und des Regenbogens nur wenig Licht geben, so daß ein einziger Cylinder vielleicht mehr leuchte, als zehen Kügelchen zusammen genommen. Ist nun eine große Menge solcher Cylinderchen in der Luft vorhanden, so sey es kein Wunder, daß die Bilder der Sonne so glänzend werden.

Hierauf geht er, seine Hypothese zu beweisen, die Brechung der Strahlen durch die erst beschriebenen Cylinder genau durch; berechnet die Entfernung der Nebensonnen von der wahren Sonne, nach Maaßgabe der Höhe der Sonne, und folgert daraus, daß, wenn eine hinlängliche Menge von allerhand Cylindern, deren einige mehr, andere weniger geschmolzen sind, übereinander liegen, alsdenn außer den beyden der Sonne zur Seite nächstliegenden Nebensonnen, noch zwey oder mehr weiter hin, wiewohl immer auf dem weißen horizontalen Ringe erscheinen können, wie es auch **Hevels** Beobachtungen im Jahre 1661, und die von **Scheiner** 1630 bestätigen. Noch erhellet aus seinen Rechnungen und der daraus gezoge-

gezogenen Tabelle, daß bey unveränderter Lage der Cylinderchen, die Entfernung der Nebensonnen von der wahren Sonne größer wird, so wie diese Höhe steiget, und umgekehret, genau so, wie er es selbst beobachtet hatte. Noch mehr mag aber diese Entfernung sich verändern, wenn die Cylinder mehr zu schmelzen anfangen, auf welche Art sich eine zur Zeit des Augustus vorgefallene Luftbegebenheit erklären läßt, da drey Sonnen zu gleicher Zeit erschienen, und bald in eine einzige zusammengezogen seyn sollen.

Des Hofes um die Sonne.

Nun unternimmt unser Verfasser auch die Erklärung des Hofes, der in dem Römischen Phänomenon die Sonne umgiebt. Hier konnte ihm seine erste Hypothese zur Erklärung der Höfe nichts helfen. Denn wenn gleich wahrscheinlicher Weise zu der Zeit, da kleine Cylinder in der Luft entstehen, auch halb aufgethauete Kügelchen sich in ihr aufhalten mögen, so ist es doch ganz unbegreiflich, wie sie just in der Maße genau aufgethauet werden können, daß der von ihnen hervorgebrachte Hof um die Sonne eben durch die Nebensonnen geht. Cylinder, die nach allen Lagen in der Luft verstreut liegen, können zwar, wie er zeiget, so gut wie Kügelchen, einen Hof verursachen, allein es steht hiebey eben die Schwierigkeit im Wege. Es ist aber, fähret er fort, zu bemerken, daß die Enden der angenommenen Cylinder nicht platt, sondern abgerundet seyn müssen, weil sie oben und unten nicht anders als an den Seiten, und allenthalben gleichviel aufthauen. Darum werden nicht allein diejenigen Cylinder zur Seite der Sonne, welche die Nebensonnen hervorbringen, Licht ins Auge schicken, sondern auch diejenigen von den senkrecht schwebenden, welche zunächst an einem gewissen Winkel herum oben, unten und zur Seite sich befinden, und diese werden den Hof hervorbringen.

Versuch zur Bestätigung.

Er bestätigte seine Theorie durch einen Versuch, da er einen gläsernen Cylinder mit abgerundeten Enden machen ließ, welchen er mit Wasser und mit einem undurchsichtigen Körper in der Mitte ausfüllete. Er fand auch, daß dieser wirklich das Licht auf eine solche Art brach, daß dadurch die zu erklärende Erscheinung verursachet werden könnte. Gleichfalls glaubte er den von Heveln bemerkten Umstand, daß der durch die Nebensonnen gehende Kreis nach oben und unten hin blasser erscheint, aus der Brechung in den von ihm angenommenen cylindrischen Körpern erklären zu können.

Entstehungsart der beyden hintern Nebensonnen.

Hierauf giebt er auch die Entstehungsart der beyden Nebensonnen L und M hinterwärts in dem großen weißen Kreise an, welche nach ihm, nicht durch eine Zurückwerfung, sondern durch eine Brechung der Strahlen, wie in den Tropfen des Regenbogens hervorgebracht werden. Er beweiset, daß sie in dem großen weissen Kreise sich befinden müssen, und berechnet die Entfernung derselben von einander, die er in dem römischen Phänomenon 90 Grad groß findet. In Scheiners Abbildung ist zwar diese Entfernung über 90 Grad groß gesetzet; sie ward aber weder gemessen, noch nach dem Augenmaße geschätzet, und überhaupt gar nicht besonders angegeben, und deswegen zweifelt Huygens gar nicht, daß sie viel zu groß gemachet sey. In dem römischen Phänomenon sollen diese hintern Nebensonnen weiß gewesen seyn, da sie nach der Hypothese hätten gefärbet seyn müssen. Huygens

gens glaubt also, daß ihre Weiße von der Schwäche ihres Lichtes hergerühret habe, aus welcher Ursache auch Höfe, und sogar auch die Nebensonnen zunächst der wahren, nach des **Rechelius** genauer Beobachtung, weißlicht erscheinen. Denn daß diese hintern Nebensonnen auch bisweilen gefärbet erscheinen, erhellet aus einer Nachricht des **Matthäus Paris**, der erzählet, daß außer der wahren Sonne vier rothe Nebensonnen auf einem großen crystallfärbigen Kreise sich hätten sehen lassen.

Wie sie wegfallen können.

Sind die Cylinderchen in geringer Menge vorhanden, so kann dieses verursachen, daß die hintern Nebensonnen ganz wegfallen, wenn gleich der weiße Kreis deutlich genug zu sehen ist, wie man dieses auch oft bemerket hat. Oder, es kann dieses auch daher entstehen, daß die innern undurchsichtigen Cylinder in dem hintern Theile des weißen Kreises zu dicke gegen die ganzen Cylinder sind. Denn Huygens berechnete, daß bey einer Höhe der Sonne von 25 Grad, wenn der Durchmesser des undurchsichtigen Cylinders gegen den Durchmesser des ganzen größer, als in dem Verhältnisse von 590 zu 1000 ist, keine Nebensonnen hinten auf dem Kreise erscheinen können.

Andere Umstände erkläret.

Daß die hintern Nebensonnen in dem Römischen Phänomenon runder als die zur Seite befindlichen gewesen, erkläret Huygens daher, daß zwar von den Cylindern in dem Bogen LM, einige der zunächst bey L und M befindlichen Strahlen, durch die Brechung ins Auge senden, lange aber nicht so viele, als die in L und M vorhandenen. Deswegen werden diese Nebensonnen keine Schweife haben. Auch geschehen die Brechungen in den Cylindern, davon sie herrühren, weit regelmäßiger, weil die Strahlen nicht nach der ungleichen Oberfläche des inwendigen Cylinders ihren Weg zu nehmen gezwungen sind, sondern von der völlig polirten Oberfläche des wässerichten Cylinders zurückgeworfen und gebrochen werden. Das Hin- und Herwanken der Nebensonne N mag aus der bald größern bald geringern Anzahl von Cylindern entstanden seyn, woraus sich auch begreifen läßt, warum der Hof DEF unten bald offen bald geschlossen gewesen ist, und warum die Nebensonne K heller geworden ist, als N schon verschwinden wollte [b]).

Merkwürdiges von Heveln beobachtetes Parhelion.

Nachdem Huygens solchergestalt das berühmte Römische Phänomenon erkläret hatte, untersuchet er die bey einem andern solchen von **Heveln** den 20. Februar 1661. zu Danzig wahrgenommenen Umstände. Bey diesem zeigeten sich mehr Sonnen und mehr Kreise, und einige in einer andern Lage als bey jenem. Uebrigens kommen beyde doch so sehr mit einander überein, und unsers Verfassers Erklärungen von beyden sind sich so ähnlich, daß ich nicht nöthig habe, mich ferner lange dabey aufzuhalten. Inzwischen will ich doch die Abzeichnung des Hevelischen Phänomenons hiebey liefern, als welches außerordentlich schön ist, und alle wesentlichen Abwechselungen dieses prächtigen Schauspieles, die man sonst einzeln oft gesehen hat, zu vereinigen scheint [c]). Und dann nur ein paar Worte von Huygens seiner Erklärung.

Der

b) Smith's Opticks, vol. I. p. 220.

c) Hevel erinnert ausdrücklich, daß man sich die Kreise dieser Zeichnung auf der Oberfläche einer künstlichen Himmelskugel gezogen

Der Hauptunterschied zwischen diesem und dem Römischen Phänomenon besteht in den gegen die Sonne erhabenen Bogen QGR und THS, welche Huygens aus horizontal liegenden Cylindern erkläret. Die Nebensonnen an diesen umgekehrten Bogen, saget er, sind nichts als die hellesten Theile derselben, und deswegen erscheinen sie nie ganz deutlich, oder viel heller als die benachbarten Theile dieser Bogen. Auch hat Hevel bey allen seinen Anmerkungen dieser Art angemerket, daß sie nicht so rein und deutlich abgeschnitten und so helle gewesen, wie die andern; und ob in H wirklich eine Nebensonne gewesen, kann er nicht einmal gewiß sagen. Daß aber der mittlere Theil des Bogens etwas heller als das übrige ausgesehen, erkläret er aus der Figur dieser Cylinderchen, die so kurz seyn möchten, daß sie eher für Sphäroiden zu halten sind.

fig. 110.

Weidlers und Mußchenbroeks Gedanken.

Weidler, der des Huygens Hypothese zur Erklärung der Höfe nicht gelten lassen wollte, billiget doch dessen Vorstellung von der Entstehungsart des horizontalen Ringes bey der Erscheinung der Nebensonnen vermittelst gefrorner cylindrischer Dünste [d]). **Mußchenbroek** saget auch, daß man von der Ursache der Nebensonnen nichts bessers als Huygens seine Meynung anzugeben hätte, außer daß die gefrornen Cylinder oder Spießchen niemals in der Mitte undurchsichtig, sondern immer durchsichtig gefunden worden sind. Solche Spießchen sind bisweilen, nachdem die Nebensonnen verschwunden, aus der Luft gefallen, wie **Maraldi**, **Weidler** und **Kraft** bemerket haben, und in Nordamerika ist, wie **Ellis** und **Middleton** berichten, die Luft mit gefrornen Spießchen von solcher Größe angefüllet, daß man sie mit den Augen sehen kann [e]).

Die farbichten Kreise um die Sonne, welche mit den Nebensonnen zu erscheinen pflegen, hält **Müßchenbroek** für einerley mit den sonst gewöhnlichen Höfen um die Sonne, so daß, wenn eine genugsame Menge gefrorner Spießchen in einem dünnen Nebel vorhanden ist, alle diese Erscheinungen entstehen werden: die Höfe von dem dünnen Nebel, die Nebensonnen von den gefrornen Spießchen [f]).

Mallets Beobachtungen und Erinnerungen.

fig. 109.

Hr. Fr. **Mallet** merket bey der Beschreibung eines in Schweden gesehenen Parhelion an, daß einige Umstände bey demselben mit Huygens Hypothese nicht wohl übereinstimmen. 1. Die Entfernung zwischen der Sonne und der Nebensonne bey L ward geringer, so wie die Sonne in die Höhe stieg, nahm aber nicht zu, als die Sonne des Nachmittags wieder niedriger ward, sondern immer mehr ab. 2. Weil die beyden Kreise, welche das Zenith zum gemeinschaftlichen Mittelpuncte hatten, die Kreise, welche die Sonne umgaben, genau berührten, so sollten sie wohl von einer und derselben Ursache herrühren; weil aber doch der äußerste von den beyden Kreisen,

gezogen vorstellen müsse. Die Kugel muß auf die Polhöhe von Danzig (54° 22′) gestellet werden. Die Sonne ist in dem zweyten Gr. der Fische befindlich. Die drey Kreise um die Sonne sind von ihr folgweise $22\frac{1}{2}$, 45, 90 Grad entfernet, der Bogen THS vom Zenith 20 Gr. der Bogen QGR $42\frac{1}{2}$ Gr. und der horizontale Kreis durch die Sonne 65 Gr. Die Entfernungen der Bogen THS, QGR sind bey Huygens unrichtig zu $22\frac{1}{2}$; 90 Gr. angegeben. K.

d) Philos. Trans. ab. vol. 8. p. 513.

e) Introductio, p. 1042.

f) Ibid. p. 1045.

Kreisen, in deren Mittelpuncte die Sonne war, eine doppelt so große Breite hatte, so folgerte er daraus, daß sie von verschiedenen Ursachen entstehen müßten g).

Schlußanmerkung.

Dieses sind die Ereignisse und die Erklärungen, welche ich diese große Naturbegebenheit betreffend habe sammeln können. Nimmt man alle Umstände zusammen, und rechnet ab, was bey den Wahrnehmungen irrig seyn mag, so scheint zu erhellen, daß, wenn die Erscheinung vollständig ist, sechs ganze Kreise zu sehen seyn müssen, wovon drey die Sonne, und drey das Zenith zum Mittelpuncte haben; und daß ferner allenthalben, wo diese Kreise sich schneiden oder sich berühren, Nebensonnen erscheinen werden. So künstlich die Huygenianische Hypothese auch ausgedacht ist, so kann man doch schwerlich die Sache sich anders vorstellen, als daß diese Kreise, sie mögen weiß oder farbicht seyn, im bloßen Nebel oder in Dünsten entstehen, die vermuthlich sehr kleine runde Wassertröpfchen sind. Aber diese Erscheinungen sind bis itzt noch von keinem Naturforscher aus den Eigenschaften des Lichtes, wie sie sich unter diesen Umständen äußern, hergeleitet worden.

Zwölfter Abschnitt.

Bemerkungen und Entdeckungen, das Sehen betreffend.

Die Bemerkungen und Entdeckungen, welche uns diese Periode in Absicht auf die Ereignisse beym Sehen liefert, sind so zahlreich, daß ich es schicklich finde, die von mir darüber gesammelten Materialien unter mehrere Titel zu vertheilen, als ich es sonst bisher nöthig gehabt habe. Vermuthlich mag der Leser wohl an der Vertheilung derselben etwas auszusetzen finden; aber die Sachen sind zu ähnlich, und zu sehr mit einander vermischet, besonders was von demselben Verfasser herrühret, als daß ich eine Ordnung, die mir selbst recht gefallen hätte, machen konnte. Eine und die andere natürliche Verbindung mußte zerrissen werden, ich mochte es anfangen, wie ich wollte.

Erstes Kapitel.

Ueber die Wirkung des Lichtes auf das Auge.

Büffon von den zufälligen Farben.

Das erste, was ich dem Leser aus der Lehre vom Sehen vorzutragen habe, besteht in einigen sinnreichen Beobachtungen des Herrn von Büffon, der die Farben, welche dem Lichte eigenthümlich sind, von denen unterscheidet, welche auf die besondern Umstände des Auges ankommen, von den zufälligen Farben, wie er sie nennt, deren Zusammenhang mit den natürlichen er zu entwickeln bemühet ist.

Da er eine lange Zeit ein rothes Viereck auf einem weißen Grunde steif angesehen hatte, entstand um dasselbe ein blaßgrüner Rand, und wie er die Augen von dem rothen Vierecke weg auf den weißen Grund wandte, zeigete sich darauf ein sanft grünes, etwas ins blaue fallendes Viereck. Auf eben die Art brachte gelb auf

g) Schwed. Abhandl. B. 25. S. 47.

weißem Grunde ein blasses blau; grün auf weißem Grunde ein blasses Purpur; blau auf weiß ein blasses Roth; schwarz auf Weiß ein heller weiß als der Grund selbst, worauf das schwarze lag, und weiß auf schwarz ein dunkleres Schwarz hervor. Diese Versuche wurden mit matten Farben angestellet, sie nahmen sich aber weit besser mit glänzenden Farben aus.

Als er sein Auge lange Zeit auf ein lebhaft rothes Viereck auf weißem Grunde gerichtet hielte, sah er erstlich den vorher erwähnten blaßgrünen Rand um dasselbe, und wie er noch immer fortfuhr es anzusehen, verfärbte sich das Viereck in der Mitte, ward aber an den Seiten noch tiefer roth. Er zog sich ein wenig zurücke, immer mit unverwandtem Blicke auf das Viereck, und es theilete sich nunmehr der tiefgefärbte rothe Rand des Viereckes an jeder Seite in zween Theile, daß dadurch über dasselbe ein eben so tiefrothes Kreuz gezogen zu werden schien. Er fuhr noch immer fort darauf zu sehen, und das Ganze verwandelte sich in ein Rechteck, von gleicher Höhe mit dem Vierecke, aber nur den sechsten Theil so breit, und so lebhaft roth, daß es die Augen verblendete.

Als er seine Augen von da weg auf eine andere Stelle des weißen Grundes wandte, sahe er daselbst das Bild dieses Rechteckes genau abgezeichnet, und lebhaft grün gefärbet. Dieser Eindrück dauerte lange Zeit, nahm nur allmählig ab, und blieb noch im Auge zurücke, wenn es geschlossen war. Dergleichen Erscheinungen nahm er auch wahr, wenn er auf dieselbe Art auf ein gelbes, schwarzes oder sonst gefärbtes Viereck sahe; der letzte Eindruck von einem gelben Vierecke war ein blaues Rechteck, und von einem schwarzen Vierecke ein weißes Rechteck. Diese Versuche ließ er von einigen Freunden nachmachen, und sie sahen alle mit ihm dieselben Erscheinungen.

Er fand auch, daß diese zufälligen Farben sich veränderten, so wie sie sich mit den natürlichen vermischten, und zwar nach denselben Regeln, welche die letztern beobachten. Denn wenn eine zufällige grüne Farbe, welche von einer natürlichen rothen hervorgebracht war, auf einen helle rothen Grund fiel; verwandelte sich das grüne in gelb; desgleichen wenn ein zufälliges blau, welches von einem lebhaften gelb entstanden war, auf einen gelben Grund fiel, ward es grün [a]).

Aepinus Bemerkungen.

Hr. Aepinus, der durch seine Entdeckungen in der Electricität so bekannt geworden ist, hat auch manche genaue Beobachtungen über die zufälligen Farben angestellet, woraus er folgende Sätze zieht. Der lebhafte Eindruck, welchen das Auge durch das Anschauen der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers erhält, so lebhaft als es ihn nur vertragen kann, stellet zuerst ein gelbes, alsdenn ein grünes, und darauf ein blaues Bild dar; das ist, die Nerven kommen, nachdem die weißen Strahlen darauf zu wirken aufgehöret haben, in eben den Zustand, in welchen die Strahlen, welche die Empfindung der gelben, grünen, blauen Farbe erregen, sie versetzen würden. Als er einen weißen Gegenstand betrachtete, während daß der von der Sonne in seinem Auge gemachte Eindruck noch fortdauerte, schien

Lll 2

a) Mem. de l'Ac. de Paris, 1743. p. 215.

schien er ihm bräunlicht zu werden, und mehr oder weniger ins rothe zu fallen. Auch bemerkete er, daß dieses Bild der Sonne sich auf der Netzhaut etwas erweiterte, weil ein Raum jenseits der Gränze des Bildes auf eben die Art gerühret ward, als es durch die Wirkung der rothen Strahlen geschehen seyn würde; wenn er aber das Bild der Sonne auf einen weißen Gegenstand fallen ließ, ward die Einfassung blau.

Während dieser Beobachtungen merkete er an, daß ein weißer Gegenstand, den er aufmerksam betrachtete, während daß der Eindruck des Sonnenbildes in seinem Auge noch fortdauerte, plötzlich verschwand, aber wieder sichtbar ward, als er ihn nicht so steif mehr ansahe, eine Erscheinung, die von dem Zustande, in welchen die Nerven gesetzet waren, herrühren mußte, die er aber nicht völlig erklären zu können eingesteht [b]).

Aehnliche von de la Hire.

Diese Wahrnehmungen stimmen gut überein mit dem, was de la Hire anführet, daß das Bild der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers, den man eine Zeitlang beobachtet hat, wenn man die Augen verschließt, zuerst roth, dann gelb, grün und zuletzt blau werde. Dieses Ereigniß ist merkwürdig, als woraus man die allmählige Schwächung des Eindruckes des Lichtes, wenn der Gegenstand nicht mehr ihn unterhält, und die Ordnung der Farben in Absicht auf die Stärke, damit sie auf das Auge wirken, abnehmen kann. Aber das folget gar nicht daraus, was er daraus beweisen will, daß die Form des Auges beym Sehen gar nicht verändert werde [c]).

Einer vom schwarzen Staar genesenen sieht Feuer blau aus.

Herr Hey hat mir erzählet, daß einer seiner Patientinnen, welche von einem vollkommen schwarzen Staare geheilet war, das Feuer, wie sie es zum erstenmale erblicket, blau ausgesehen hat; er hatte aber keine Gelegenheit sich zu erkundigen, ob dieses Ereigniß etwas gewöhnliches wäre oder nicht. Darinn stimmet es übrigens mit de la Hire und anderer Wahrnehmungen überein, daß der letzte und schwächste Eindruck von den Bildern sehr heller Sachen auf das Auge die Empfindung des blauen verursachet.

Daß die Eindrücke des Lichtes auf das Auge eine gewisse Zeit fortdauern, erhellet aus mancherley Beobachtungen, welche zum Theil jeder Mensch gemachet haben muß. Weil nun die Genauigkeit der astronomischen Beobachtungen sehr viel auf die Sicherheit beym Sehen ankömmt, so hielt Hr. d'Arcy es der Mühe werth, genauer zu bestimmen, wie lange der Eindruck unter verschiedenen Umständen währet, und verfuhr zu dem Ende folgendermaßen.

Dauer der Eindrücke aufs Auge.

Er erdachte eine Maschine, die aus einem Kreuze bestand, das sich vermittelst eines Rades und eines Gewichtes um seine Axe drehete, mit einer Geschwindigkeit, die er nach Belieben verändern, und aufs genaueste messen konnte. Die Bewegung dieser Maschine zu beobachten, stellte er jemanden 28 Klafter weit davon in einem Zimmer, in welches kein Licht als von dem Gegenstande, einer auf den

b) Noui Comm. Petrop. vol. 10. p. 286.

c) Accidens de la vuë bey Porterfield on the eye, vol. 1. p. 343.

dem Kreuze befestigten glühenden Kohle, kommen konnte, und der Versuch ward bey Nacht gemacht, mit aller Vorsicht, die sich nur erdenken ließ. Er fand, daß die Kohle einen ununterbrochenen Kreis zu beschreiben schien, wenn sie ihren Umlauf in acht drittheilen einer Minute [d]) vollendete, und daß bey einer geringern Geschwindigkeit der Kreis nicht voll ward. Es war gleichgültig, in welcher Entfernung von dem Mittelpuncte des Kreuzes die Kohle befestiget war, ob die Maschine durch ein Teleskop oder auf eine andere erdenkliche Art betrachtet wurde. Auch war es einerley, in welcher Weite sich der Beobachter von ihr stellete. Unser Verfasser folgert aus diesem Versuche, daß der Eindruck des Lichtes auf das Auge $\frac{8}{3}$ einer Minute währet. Er machte noch diese Veränderung, daß er über der glühenden Kohle einen Deckel mit einer Oeffnung anbrachte, und nun beschrieb die Kohle einen ununterbrochenen Kreis, wenn der Umlauf $\frac{5}{3}$ einer Minute dauerte.

Hr. d'Arcy giebt folgendes an, welches noch durch Versuche weiter auszumachen wäre. 1. Ob die verschiedene Stärke des Lichtes nicht einen merklichen Unterschied in der Dauer des Eindruckes verursachen würde. 2. Ob die verschiedenen Entfernungen des Beobachters hiebey was thun mögen. Denn es hatte zwar bey der Beobachtung des ganzen Kreises derjenige, den er 28 Klafter weit entfernet hatte, und er selbst in einer Entfernung von drey Fuß keinen Unterschied in der nöthigen Geschwindigkeit bemerket; allein, wenn er bloß auf einen Theil des Kreises Acht gab, so fand er für sich eine geringere Geschwindigkeit nöthig, als für jenen erfodert ward. 3. Ob die verschiedene Farbe des Lichtes einen Einfluß auf die Dauer des Eindruckes hätte. Das schlechte Wetter verhinderte ihn, seine Versuche fortzusetzen. Aus den wenigen Proben, die er machen konnte, erhellete so viel, daß weiße Körper eine kreisförmige Erscheinung bey derselben Winkelgeschwindigkeit, wie eine glühende Kohle hervorbrachten. Er schlägt auch vor, den Versuch durch mehrere Personen machen zu lassen, wiewohl dies nicht ohne Schwierigkeit seyn möge, und wünschet, daß andere seine Wahrnehmungen wiederhohlen und prüfen möchten [e]).

Zusammenziehung des Sternes im Auge.

Daß der Stern im Auge bey einem starken einfallenden Lichte sich zusammenzieht, ist, wie wir oben gesehen haben, schon frühe angemerket worden. Dieses rühret ohne Zweifel von der Wirkung des Lichtes auf das Auge her. Dr. Hartley schreibt dem in das Auge fallenden Lichte ein Vermögen zu, sowohl den größern als kleinern Ring der Regenbogenshaut zusammen zu ziehen, und berufet sich deswegen auf die Unbeweglichkeit des Sterns bey dem schwarzen Staare; führet auch an, daß solchergestalt das Licht, wenn es den kleinern Ring zusammenzieht, sich selbst Maaß und Schranken setzet, um nicht zu stark für das Auge zu werden, welches mit dem Verfahren der Natur in ähnlichen Fällen übereinstimmet. Die Netzhaut, saget er, erstrecket sich bisweilen zu dem größern Ringe, und einige Nervenäste mögen wohl bis dahin, und selbst bis in die Regenbogenhaut fortlaufen [f]).

d) Soll ohne Zweifel Secunde heißen. S. diese Uebers. S. 280. K.

e) Mem. de l'Ac. de Par. 1765. p. 450.

f) Hartley's Observations on Man, vol. 1. p. 219.

Dr. **Whytt** ist ebenfalls der Meynung, daß die Zusammenziehung des Sterns nicht in einer Wirkung des Lichtes auf die Regenbogenhaut selbst, sondern auf die Netzhaut entsteht, weil man finde, daß alles, was die Lichtstrahlen verhindert, auf die Netzhaut zu kommen, auch eine ungewöhnliche Erweiterung des Sterns verursache. So verliere bey dem grauen Staare, wenn die crystallene Linse nicht undurchsichtig geworden, und einen großen Theil der Strahlen auffange, der Stern sehr viel von seinem Vermögen sich zusammen zu ziehen. Auch sieht dieser Schriftsteller die in Ohnmachten, bey einem Schlage und einem verhärteten schwarzen Staare bemerkte größere Oeffnung des Sterns als einen Beweis an, daß zu der stärksten Erweiterung desselben der Einfluß der Seele nicht erfodert wird, sondern daß hiezu das Zusammenziehungsvermögen der nach der Länge hinlaufenden Fibern auf der Traubenhaut hinlänglich ist, ohne daß die kreisförmigen Muskeln durch die Wirkung des Lichtes auf die Netzhaut gereizet werden g).

Weil man nicht beweisen kann, daß die Fibern und Ringe der Regenbogenhaut aus Muskeln bestehen, sondern die besten Zergliederer sie nur für Gefäße halten, so hat sich **Weitbrecht** nach einer andern Ursache der Erweiterung und Verengerung des Sterns, um mehr oder weniger Licht ins Auge zu lassen, umgesehen, und giebt als solche die Bewegung der Regenbogenhaut vorwärts oder rückwärts an, als wodurch die Oeffnung kleiner wird, wenn diese Haut nahe an der Krystalllinse hängt, so wie sie durch deren Ausspannung nach der Hornhaut hin sich erweitert. Dieses erfodert eine bloß mechanische Ausdehnung des Ringes, ohne daß die Kraft gewisser Muskeln dabey nöthig ist, und die Bewegung der Regenbogenhaut kann, wie Weitbrecht meynet, von einer Bewegung der wässerichten Feuchtigkeit entstehen, wenn sie aus einer der beyden Kammern in die andere tritt. Dazu möge sie etwa von einer Wirkung des Lichtes auf die glasartige Feuchtigkeit, oder die Gefäße, welche diese enthalten, veranlasset werden, so daß diese erstlich die Krystalllinse, und vermittelst derselben die wässerichte Feuchtigkeit vorwärts drücken. Die physikalische Ursache dieser Vorgänge, gesteht er selbst, wisse er nicht hinlänglich zu erklären h). Wirklich ist auch die Hypothese so beschaffen, daß ich nur bloß als Geschichtschreiber sie anführe.

Zusatz des Uebersetzers.

Des Hrn. **von Haller** Erklärung, wie die Erweiterung und Verengerung der Oeffnung des Auges bewerkstelliget werde, ist schon in dem 1. Th. S. 29. Anm. e) von mir nach dem Sinn mit einigen Worten angeführet. Ich hohle hier noch einiges aus dieses berühmten Gelehrten Physiologie, Th. 5, nach, wo er, S. 367 — 379 von der Regenbogenhaut und der Oeffnung des Auges handelt.

Der

g) Essay on vital and involuntary motions, p. 112.

h) Comm. Petrop. vol. 13. p. 349.

Der Reiz des Lichtes auf der Netzhaut, saget er,*) erreget einen plötzlichen Zusammenfluß der Feuchtigkeiten in die Gefäße und Fäserchen (flocculos) der Regenbogenhaut; dadurch wird diese einwärts getrieben, indem sich die geschlängelten Falten der Gefäße, und die zellenförmigen Streifen ausdehnen und gerader machen; die Regenbogenhaut wird breiter und die Oeffnung enger. Solchergestalt läßt sich zugleich auch die Bewegung der Iris an den Katzen und andern Thieren, in deren Augen die Oeffnung eine länglichte Spalte ist, erklären. Der natürliche Zustand der Regenbogenhaut und der Oeffnung des Auges würde also seyn, daß jene schmahl, diese weit wäre, und würde nicht ohne eine gewisse Gewalt durch reizende Kräfte geändert werden. Es scheint hier etwas ähnliches, wie bey Entzündungen vorzugehen, da eine Entzündung die Arterien und das zellenförmige Gewebe anschwellt, und gleichfalls von einem Reize entsteht, so wie das Licht ganz gewiß einen Reiz verursachet, weil es, wenn es zu stark wird, das ganze Werkzeug des Sehens zerstören kann. Ist das Licht etwas zu stark, so ist die Veränderung des Zustandes der Regenbogenhaut mit einem schmerzhaften Gefühle verbunden, dergleichen man empfindet, wenn man in die Sonne sieht. Zur Erläuterung führet Hr. von Haller eine von ihm gemachte merkwürdige Wahrnehmung an. An einer ersäuften jungen Katze war 23 Stunden nach ihrem Tode die Oeffnung des Auges **) sehr groß, und man sahe durch sie die fast undurchsichtige Linse. Er wollte, nach Petits Art, diese Undurchsichtigkeit durch die gelinde Wärme eines Ofens vertreiben, als er schon nach einer Minute fand, daß die Oeffnung des Auges fest geschlossen war, so wie sie es bey diesem Thiere zu seyn pfleget, dagegen die Regenbogenhaut sehr groß, und der sägenschneidige Bogen der gelben Streifen auf ihr aufs schönste zu sehen war. Also hatte noch lange nach dem Tode der Reiz der Wärme die Kräfte, welche die Iris erweitern, in Bewegung gesetzet.

Die einförmigen Fibern, saget eben dieser Schriftsteller ***), welche die meisten an dem innern Ringe der Regenbogenhaut und der Traubenhaut haben finden wollen, habe er mit seinen kurzsichtigen aber guten Augen, und mit starken Vergrößerungsgläsern vergebens gesuchet — auch die geraden Fibern, welche nach manchen zur Erweiterung des Sternes dienen sollen, trage er Bedenken anzunehmen — nach seinen eigenen sorgfältig angestellten Versuchen sey die Regenbogenhaut an einem lebenden Thiere ohne alle Reizbarkeit, und werde selbst von den Lichtstrahlen, die vermittelst eines papiernen Kegels bloß auf diese Haut geleitet werden, nicht beweget, da doch die Reizbarkeit einem Muskel wesentlich zukomme. Er führet auch ein Beyspiel an, da die Regenbogenhaut ohne Schmerzen zerschnitten ist.

Die vorher angeführte Meynung des Hrn. von Haller haben nach desselben Erinnerung gewissermaßen schon **Mery** und **Shrebbeare** vorgetragen.

Daß die Zusammenziehung der Oeffnung des Auges nicht von dem auf die Regenbogenhaut fallenden Lichte, sondern von demjenigen entsteht, was durch die Oeffnung

*) S. 379. **) Ich lese pupilla statt iris. ***) S. 371.

Oeffnung auf die Netzhaut kömmt, beweist Hr. **Lambert** durch einen sehr entscheidenden Versuch, Photom. S. 371. Er ließ durch ein Linsenglas das Bild einer Lichtflamme bloß auf die Regenbogenhaut eines seiner Augen fallen, und betrachtete dieses sowohl als das andere in einem Spiegel; beyder Oeffnungen waren ohne alle merkliche Verschiedenheit gleich groß. Sobald aber noch so wenig von dem Bilde des Lichtes auf die Oeffnung selbst fiel, ward die Oeffnung den Augenblick kleiner, und mehr als dreymal so klein als des andern Auges Oeffnung, wenn das ganze Bild der Flamme darauf fiel.

Zweytes Kapitel.

Ueber die Art, wie das Auge sich selbst einrichtet, Gegenstände in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen.

Wir sehen in ungleichen Entfernungen deutlich.

Daß wir Gegenstände, die in sehr ungleichen Entfernungen von uns sich befinden, dennoch fast mit gleicher Deutlichkeit zu sehen im Stande sind, lehret die tägliche Erfahrung; aber die Veränderung, die zu diesem Ende im Auge vorgehen muß, oder der Mechanismus, wodurch dieses bewerkstelliget wird, ist so leicht nicht auszumachen.

Keplers und Cartesens Erklärungen.

Kepler glaubte, wie wir gesehen haben, daß die Zusammenziehung der Processus ciliares die Gestalt des Auges verändere, und die Krystalllinse dadurch, daß sie das Auge in die Länge ausdehnte, weiter von der Netzhaut abrücke; Descartes, daß die Krümmung der Linse selbst durch die Zusammenziehung dieser Ligamente verändert werde. Diese merkwürdige Frage ward in der vor Newtons Entdeckungen vorhergehenden Periode umständlicher und sorgfältiger untersuchet; weil sie aber nicht eher als in der gegenwärtigen völlig ins Licht gesetzet ist, so habe ich die Geschichte der ganzen Streitfrage bis hieher verspahret.

De la Hire, bloß durch die veränderte Oeffnung des Auges.

De la Hire, der dieses, so wie alles, was das Sehen betrifft, mit großem Fleiße untersuchet hat, war dennoch in seiner Erklärung nicht glücklich. Er behauptete, daß, um in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, bloß eine Veränderung in der Oeffnung des Auges vorgehen darf, und brachte zum Beweise seines Satzes folgenden Versuch vor. Er stellte einen kleinen schwarzen Flecken sowohl so nahe als so weit vom Auge, als es seyn konnte, wenn er noch deutlich gesehen werden sollte. In ein Kartenblatt hatte er zwey Löcher gemacht, so groß und so nahe bey einander, daß man just den Flecken durch sie beyde zugleich sehen konnte, wenn das Blatt hart ans Auge gehalten ward. Dieses Blatt ließ er denjenigen, der den Versuch machen sollte, vors Auge halten, nachdem er vorher eine Zeitlang den Gegenstand unverwandt betrachtet hatte, und nun erschien der Fleck sogleich doppelt [a]). Er folgerte hieraus, daß die Veränderung des Auges, wodurch

a) Der Flecken erschien einfach, wenn er in der natürlichsten Entfernung für das Auge des Beobachters war; gedoppelt, wenn er für einen Kurzsichtigen weiter, oder für einen

durch die Verdoppelung des Bildes entsteht, keine Veränderung der Gestalt des Auges ist, weil dieses sich schon vorher eingerichtet hatte, den Gegenstand deutlich zu sehen; dagegen aber die Weite des Sterns verändert seyn mag, weil das Licht von andern Gegenständen durch das Blatt ausgeschlossen ist. Hingegen wird aber mit Recht eingewandt, daß das Auge vorher, da es den Gegenstand an den Gränzen des deutlichen Sehens betrachtete, in einem Stande der Anstrengung gewesen ist, von welcher es sich ohne Zweifel gleich erholet hat, während daß das Kartenblatt in die erfoderliche Lage gebracht ward. Dazu kömmt, daß das Auge die Entfernung der Sache jenseit des Blattes nicht messen kann, um sich darnach einzurichten, und die bloße Erinnerung der Entfernung ist nicht hinreichend, das Auge hiezu zu vermögen. In der That zweifelt aber niemand unter den jetzigen Naturkündigern daran, daß wir vermögend sind, die Gestalt unserer Augen zu ändern, und dadurch die Strahlen jedes Lichtkegels in verschiedenen Entfernungen von der Oeffnung des Auges sich vereinigen zu machen [b]).

Dem le Roi beytritt.

In den neuern Zeiten unternahm es Hr. le Roi, ein Mitglied der Königl. Akademie zu Montpelier, diese von allen längst verworfene Meynung des de la Hire zu vertheidigen. Die Krystalllinse, saget er, könne sich vermittelst der ligamenta ciliaria nicht verrücken, weil diese viel zu schwach dazu seyn. Sie seyn auch nicht, wie man gewöhnlich angenommen habe, an die Capsel der Linse befestiget, sondern liegen noch ein gutes Theil über der Vorderfläche hin, ohne sich dichte daran zu schließen. Auch seyn diese Farben nicht muskulös, sondern bestehen nur aus Ramificationen von Gefäßen, die allem Anscheine nach zu nichts anderem dienen, als eine wässerichte Feuchtigkeit abzusondern, um die Oberfläche der Krystalllinse schlüpfrig zu erhalten. Daß ferner nichts als eine Verminderung der Oeffnung des Auges erfodert werde, sehr nahe Gegenstände deutlich zu sehen, erhelle aus der Erfahrung. Denn um einen Gegenstand deutlich zu erkennen, brauche man nur eine künstliche Augenöffnung, ein Loch in einem Kartenblatte, zu nehmen, so könne man eine solche Sache vollkommen bequem und deutlich erkennen. Wenn in einem künstlichen Auge das Bild des Gegenstandes undeutlich sey, so dürfe man nur die Oeffnung vermindern, um es deutlich und gut begränzet zu erhalten [c]).

Dieser Gelehrte denket aber nicht daran, daß die wahre Ursache, warum eine enge Augenöffnung die Undeutlichkeit hebet, darinn liegt, daß die Grundflächen der Lichtkegel, die von jedem Puncte des Gegenstandes herkommen, kleiner werden, so daß der Zerstreuungskreis, oder der Raum, in welchem sie sich auf der Netzhaut ausbreiten, kleiner wird. Die Verminderung der Oeffnung des Auges dienet also überhaupt wider die Undeutlichkeit, der Gegenstand mag zu entlegen, oder zu nahe

einen Fernsichtigen näher lag. In jenem Falle versammelten sich nämlich die Strahlen, die durch beyde Löcher kamen, in einem Puncte auf dem Auge, in diesem nicht, so daß also eine gedoppelte Empfindung entstand, weil zween unterschiedene Puncte der Netzhaut gerühret wurden. K.

b) Smith's Opticks, Remarks, p. 41. (d. d. A. S. 364.)

c) Mem. de l'Ac. de Paris, 1755. p. 920.

nahe seyn. Allein bey der Betrachtung sehr entfernter Gegenstände wird der Stern nicht zusammengezogen, sondern erweitert, weil sonst nicht eine hinlängliche Menge von Strahlen, die gehörige Helligkeit zu erhalten, ins Auge kömmt. Sind die Gegenstände nahe und helle genug, so mag die Verengerung des Sterns zur Deutlichkeit helfen; allein die Undeutlichkeit sehr entfernter Gegenstände zu heben, müssen noch andere Hülfsmittel vorhanden seyn.

Porterfields Erklärung.

Am deutlichsten ist diese Sache von Dr. **Porterfield** ins Licht gesetzet worden, der durch eine Reihe von Versuchen bewies, daß wir wirklich das Vermögen haben, die Einrichtung unserer Augen zu ändern, und sie zum deutlichen Sehen in verschiedenen Entfernungen geschickt zu machen; wie auch, daß diese Veränderung sich nach einer gewissen Bewegung der Augenaxen richtet, mit der sie durch Uebung und Gewohnheit verknüpfet ist. Einen von diesen Versuchen, der zu unserer Absicht hinlänglich seyn wird, will ich hier erzählen, vorher aber ein paar Grundsätze, deren er sich bedienet, anführen.

Erstlich, wenn ein Gegenstand, den man mit beyden Augen sieht, doppelt erscheint, weil seine Entfernung kleiner ist, als diejenige des Punctes, worauf die Augenaxen gerichtet sind, so wird, wenn eines von den Augen geschlossen wird, die Erscheinung auf der Seite des andern Auges verschwinden; erscheint er aber doppelt deswegen, weil seine Entfernung größer ist, als diejenige des Punctes, auf welchen die Augenaxen gerichtet sind, so wird, wenn eines von den Augen geschlossen wird, die Erscheinung auf derselben Seite mit diesem Auge verschwinden [d]). **Zweytens**, wenn ein Gegenstand mit einem Auge gesehen doppelt erscheint, weil er durch zwey kleine Löcher in einem Kartenblatte oder sonst einem dünnen undurchsichtigen Körper betrachtet wird, und es ist seine Entfernung größer als diejenige, auf welche das Auge eingerichtet ist, so wird, wenn eines der Löcher bedecket wird, die Erscheinung auf derselben Seite verschwinden; ist aber seine Entfernung kleiner als diejenige, worauf das Auge eingerichtet ist, so wird, wenn eines der Löcher bedecket wird, die Erscheinung auf der andern Seite verschwinden.

Den

d) Ich wüßte nicht, daß eine Sache deswegen doppelt gesehen würde, weil man die Augenaxen auf eine andere gerichtet hat. Porterfield braucht diesen Satz bey dem folgenden Versuche, da er mit dem einen Auge durch einen Einschnitt in einer Platte sah, wobey man freylich wohl nicht so deutlich erkennen mag, daß es derselbe Gegenstand ist, den man mit jedem Auge sieht, als wenn man die Platte wegläßt. Der Lehrsatz ist übrigens ganz einfach, wenn man ihn so ausdrücket: *Wenn die Augenaxen auf einen Punct A gerichtet sind, so muß ein anderer Punct B, der zwischen diesem und der Nase liegt, zur linken von A erscheinen, wenn man das linke Auge verschließt, und zur rechten von A, wenn man das rechte verschließt. Liegt B jenseits A, so erfolgen die Erscheinungen umgekehret.* Ich selbst kann mir zwar von allen diesen nur die einzige hervorbringen, daß von zwo Sachen, deren eine die andere verdecket, wenn ich sie mit beyden Augen betrachte, die nächste nach der rechten Hand hinrücket, wenn ich das rechte Auge verschließe. Meine Augen sind aber von ungleicher Güte, weswegen ich das rechte, als das beste, oft mit Ausschließung des andern brauche. **K.**

Den Beweis des ersten dieser Sätze wird man leicht finden, wenn man überleget, daß das Bild einer Sache auf der geraden Linie von derselben nach dem Auge, welches es betrachtet, liegt, und daß diese Linien sich kreuzen, wenn das Auge nach einer Stelle jenseits der Sache, welche doppelt erscheint, gerichtet ist. Man kann sich aber auch ganz leicht durch Versuche davon überzeugen. Der zweyte Satz wird unten, bey der Nachricht von des Dr. Motte zu Danzig Versuchen völlig erkläret werden [e]).

Das Vermögen des Auges, sich selbst zum deutlichen Sehen der Gegenstände in verschiedenen Entfernungen einzurichten, ohne die Zusammenziehung des Sterns zu Hülfe zu nehmen, erwies Dr. Porterfield auf folgende Art. Er nahm eine kleine zinnerne Platte IK, in welche er zween parallele enge Einschnitte machte, deren Entfernung nicht größer als die Weite des Sterns war. Diese Einschnitte ließen mehr Licht durch, als durch kleine Löcher gegangen wäre, und waren also zu seiner Absicht schicklicher als diese, weil es nöthig war, daß der Gegenstand Helligkeit genug hatte. Die Platte hielt er nahe vor seinem rechten Auge B, die Einschnitte in senkrechter Lage, und sahe durch sie (wobey er das linke Auge A verschlossen hielt) nach einem kleinen Gegenstande O, der auch senkrecht stand, und also parallel mit den Einschnitten war. Bey diesem Versuche war der Gegenstand O in einer solchen Entfernung von dem Auge B, daß er durch die Einschnitte betrachtet, einfach erschien; allein wie beyde Augen offen, und nach einem entfernten Puncte P gerichtet waren, zeigten sich drey Erscheinungen, a, b, und C, die näher bey oder weiter von einander waren, nachdem der Punct P näher bey O oder weiter davon entfernet war; und von diesen verschwand die zu dem Auge A gehörige Erscheinung, auf der andern Seite von demselben, wenn dieses Auge geschlossen ward. Schloß er das rechte Auge B, so verschwanden die Erscheinungen linker Hand, b und C, die zu dem rechten Auge gehörten; welches ihm, nach dem ersten Satze, bewies, daß die Entfernung des Gegenstandes O kleiner als diejenige des Punctes war, nach dem die Augen gerichtet waren. Nun mußte er auch untersuchen, ob die doppelte Erscheinung b und C, die er durch die Einschnitte sahe, auch von einem Gegenstande herkäme, der näher bey dem Auge wäre, als der Punct, nach dessen Entfernung das Auge eingerichtet war, und fand dieses auch richtig, weil die Erscheinung immer auf der entgegengesetzten Seite desjenigen Einschnittes verschwand, welchen er bedeckte, wie es nach dem zweyten Satze sich ereignen muß.

Beweis aus Versuchen.

Fig. 111.

Hierauf veränderte er die Richtung seiner Augen so, daß sie nunmehr nach einem nähern Puncte x als der Gegenstand O, gekehret waren, und sahe unter diesen Umständen den Gegenstand dreyfach, bey d, e, F. Diese drey Bilder rückten zusammen oder entfernten sich von einander, so wie der Punct x näher an O oder weiter davon rückte, lagen aber in einer Ordnung, die der im vorigen Falle entgegesetzet war. Denn die Erscheinung F, welche das linke Auge A wahrnahm, lag an der

e) Zu Ende des fünften Kapitels dieses Abschnittes. Die obige Anmerkung a) giebt hinlängliche Anleitung, sich es durch eine Zeichnung völlig begreiflich zu machen. K.

linken Seite, und die beyden d, e, welche er durch die Einschnitte sahe, lagen auf der rechten Seite: zum Beweise, daß die Entfernung des Gegenstandes O größer war, als diejenige, worauf das Auge sich eingerichtet hatte. Er bedeckte einen der Einschnitte mit seinem Finger, und fand, daß die auf derselben Seite mit dem Einschnitte liegende Erscheinung allemal verschwand, woraus, nach dem zweyten Satze, folgete, daß der Gegenstand O sich in einer größern Entfernung befand, als diejenige war, worauf sich das Auge eingerichtet hatte.

Bey diesem, so wie bey allen seinen übrigen Versuchen, war es nothwendig, daß der Gegenstand so helle als möglich war. Den besten Dienst that eine enge Spalte in einer undurchsichtigen Laterne, in welche ein brennend Licht gesetzet war.

Aus diesen Versuchen erhellete die Richtigkeit desjenigen was er beweisen wollte, hinlänglich. Denn wenn die Augen nach P gerichtet waren, schien der Gegenstand O durch die Einschnitte doppelt; und die Bedeckung eines derselben gab zu erkennen, daß das Auge auf eine zu große Entfernung eingerichtet war. So wie P näher nach O rückte, näherten sich die Erscheinungen einander immer mehr und mehr, bis sie zuletzt, da P sehr nahe an O kam, bey O in eins fielen, zum Beweise, daß das Auge auf diese Entfernung eingerichtet war. Wurde aber P auf der andern Seite von O nach nach O x hin beweget, so erschien O durch die Einschnitte wiederum doppelt, und weil die Ordnung dieser Erscheinungen derjenigen entgegengesetzet war, die sie hatten, wie P jenseits O lag, so folgete, daß das Auge auf eine zu kurze Entfernung eingerichtet war. Dabey entfernten sich diese Erscheinungen immer mehr von einander, je weiter P von O nach x hin sich bewegte. Aus allem diesem erhellet, daß diese Bewegungen, wodurch die Einrichtung des Auges geändert wird, eine nothwendige Verbindung mit gewissen übereinstimmenden Bewegungen der Augenaxen haben, daß es uns daher unmöglich wird, unsere Augen auf einen, innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenstand zu richten, ohne ihnen zugleich die Einrichtung zu ertheilen, welche zum deutlichen Sehen in dieser Entfernung erfodert wird.

Anmerkungen. Aus andern ähnlichen Versuchen offenbarte sich, daß das Auge in Absicht auf die Entfernung der Gegenstände, wenn sie durch die Einschnitte gesehen wurden, sich oft irrete. Wenn sie gleich innerhalb den Gränzen des deutlichen Sehens lagen, schienen sie doch oft doppelt. Hätte sich die Seele nicht in Absicht auf die Entfernung geirret, so würde das Auge sich nach der Entfernung eingerichtet haben, und die Sache einfach erschienen seyn. Darum, saget Porterfield, sieht man einen innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenstand immer nur einfach mit beyden Augen, weil diese sich nach der Entfernung einrichten, die man vermittelst des Winkels der Seheaxen mißt.

Dr. Porterfield bemerkete auch noch, daß, wenn er den Gegenstand bloß mit einem Auge durch die Einschnitte sahe, und dieser nicht weit über die nächste Gränze des deutlichen Sehens hinauslag, er ihn entfernter schätzte, als er wirklich war, wenn er sich in der Maaße der Entfernung irrete. War aber der Gegenstand nicht viel näher, als die entfernteste Gränze des deutlichen Sehens, und er betrog sich als-

alsdenn in der Schätzung der Entfernung, so hielt er ihn für näher, als er wirklich war.

Er führet auch noch an, daß nach dem, was diese Versuche angeben, ein Werkzeug sich ausarbeiten ließ, womit die Gränzen des deutlichen Sehens, und die Stärke oder Schwäche des Gesichtsvermögens sehr genau bestimmt werden könnten und das daher ein **Optometer** genannt werden möchte *f*).

Daß also das Auge auf eine gewisse Art sich selbst nach den verschiedenen Entfernungen einrichtet, scheint durch Dr. Porterfields Versuche unstreitig bewiesen zu seyn. Aber durch welche Mittel dieses bewerkstelliget werde, darüber sind diejenigen nicht einig, welche dem Auge das Vermögen zugestehen, sich so einzurichten, ohne eine Veränderung der Oeffnung zu brauchen.

Das Auge kann sich nach den Entfernungen einrichten.

Einige haben gesaget, die Krystalllinse werde durch die Wirkung gewisser muskulöser Fibern, woraus sie unter andern mit bestehe, flacher oder erhabener. Dagegen erinnert Porterfield, daß zwar die Krystalllinse aus vielen dünnen concentrischen Blättchen oder Schuppen bestehe, wie es sich zeige, wenn sie trocken geworden ist, daß aber die Einrichtung derselben nicht sehr schicklich seyn möge, eine Veränderung der Figur der Linse hervorzubringen, und wenn es ja seyn sollte, so sey noch lange nicht bewiesen, daß diese Fibern muskulös und des Zusammenziehens fähig sind *g*).

Wie es geschehe.

Seine eigene Meynung ist: daß die Krystalllinse vermittelst des ligamentum ciliare eine Bewegung erhält, und der Netzhaut näher gerücket, oder von ihr entfernet wird, so wie es die Lage der Gegenstände erfodert. Dieses Ligament, saget er, ist ein Werkzeug, dessen Bau und Anlage es vortrefflich geschickt machen, die Linse zu verschieben, und sie von der Netzhaut zu entfernen, wenn die Gegenstände uns zu nahe liegen. Denn, indem es sich zusammenzieht, schiebt es nicht allein selbst die Linse vorwärts, sondern drücket auch die dahinter liegende glasartige Feuchtigkeit zusammen, daß diese wiederum gegen die Linse drängt, und sie von der Netzhaut abwärts treibt. Zu mehrerer Deutlichkeit sey C die Krystalllinse, und die krummen Linien ao, ao, sey das ligamentum ciliare. Nun sieht man leicht, daß dieses Ligament, wenn es sich verkürzet, die Linse vorwärts nach den Richtungen aod, aod ziehen muß, und sie dem Vordertheile des Auges näher bringt.

Nach Porterfield durch das ligamentum ciliare.

Fig. 112.

Er bemerket auch, daß die Fibern, woraus dieses Ligament besteht, nicht nach der geraden Linie ausgespannet sind, sondern eine krumme Linie bilden, weswegen sie, wenn sie sich zusammenziehen, den geraden Linien ao, ao, mehr nähern müssen, so daß die Hölung vermindert, die glasartige Feuchtigkeit zusammengedrücket, und folglich die Linse mehr vorwärts geschoben wird. Dazu kömmt noch, daß die Linse, wenn sie vorwärts getrieben wird, die wässerichte Feuchtigkeit gegen die Hornhaut drücket, wodurch diese Haut, wegen ihrer Biegsamkeit, erhabener gemachet wird, und die Deutlichkeit naher Gegenstände befördert *h*).

f) Porterfield on the eye, vol. 1. pag. 408-423.

g) Ibid. p. 442.

h) Ibid. p. 447.

Als einen nicht geringen Beweisgrund, daß eine Veränderung in der Lage der Linse das Mittel abgiebt, wodurch die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Entfernungen erhalten wird, führet Dr. **Porterfield** die Erfahrungen an solchen Personen an, denen der Staar gestochen ist. Diese können nicht mit einer und derselben Staarbrille in verschiedenen Entfernungen deutlich sehen, sondern müssen sich verschiedentlich erhabener Gläser, nach Maaßgabe der Entfernungen der Gegenstände bedienen [i]).

Dem Einwurfe des **de la Hire** und anderer, unter welchen besonders die berühmten Anatomiker, **von Haller** und **Zinn** sind [k]), daß das ligamentum ciliare nicht muskulös sey, und folglich kein Zusammenziehungsvermögen habe, setzet Porterfield entgegen, daß diese Gelehrten sich durch einen falschen Begriff von der Farbe der Muskeln, als wenn sie nothwendig roth seyn müßte, hätten verleiten lassen. Dieses sey aber gar nicht von Nothwendigkeit, da die muskulösen Fibern der Eingeweide und des Magens schwerlich das geringste Roth in ihrer Farbe beygemischet hätten. Auch sey es gewiß, daß die Regenbogenhaut sich nach Maaßgabe der Helligkeit der Gegenstände erweitere oder verengere, ohne daß die Fibern, vermittelst welcher dies geschehe, im geringsten roth wären [l]).

Daß die Deutlichkeit des Sehens in verschiedenen Entfernungen, durch eine Verrückung der Krystalllinse geschehen sollte, hat man auch dadurch widerlegen wollen, weil man durch Rechnung gefunden hat, daß diese Verrückung zu der zu erhaltenden Absicht doch noch unzulänglich bleibt. Allein Dr. **Porterfield** erinnert dagegen, daß alle solche Rechnungen sich auf die Ausmessungen der verschiedenen Theile des Auges, ihrer Entfernungen von einander, und der brechenden Kräfte der Feuchtigkeiten gründen, wovon keines mit zuverläßiger Genauigkeit bestimmet werden könne, daher also dieser Einwurf nicht von Wichtigkeit sey. Wenn aber auch die Linse von der Netzhaut nicht hinlänglich zu entfernen stehe, um in der möglichst kleinen Entfernung noch deutlich zu sehen, so werde doch das fehlende noch durch die größere Rundung der Hornhaut ersetzet werden. Denn durch das Vorrücken der Linse werde nicht allein ihre Entfernung von der Netzhaut größer, sondern die Hornhaut werde auch erhabener: ein Umstand, worauf man bey Vorbringung dieses Einwurfes nicht gedacht habe [m]).

Jurins Hypothese.

Dr. **Jurins** Hypothese, wie man entlegene Sachen deutlich zu sehen im Stande ist, verdienet hier angeführet zu werden. Wenn das Auge auf größere Entfernungen als 15 bis 16 Zoll eingerichtet werden soll, so nimmt er an, daß das ligamentum ciliare sich zusammenziehe, und den Theil der Vorderfläche der Kapsel, in welchen ihre Fibern hineingehen, ein wenig vorwärts und auswärts bringe.

i) Ibid. p. 434. (Das Gegentheil versichert Herr von Haller, Physiol. T. 5. p. 514. K.)

k) Musschenbroek introd. vol. 2. p. 749. (Zinn de oc. hum. p. 74. Halleri physiol. T. 5. p. 381. 514. K.)

l) Porterfield, vol. 1. p. 450. Zinn und Haller brauchen diesen Grund nicht. K.

m) Porterfield, vol. 1. p. 447.

bringe. Dadurch fließe das unter der Kapsel enthaltene Wasser unten von der Mitte nach dem erhobenen Theile hin, und die wässerichte Feuchtigkeit oben von dem erhobenen Theile der Kapsel nach der Mitte hin; also werde die ganze Vorderfläche, innerhalb der Stelle, wo das Ligament hineingeht, weniger convex. Sobald diese Zusammenziehung aufhöre, werde die Kapsel, vermöge ihrer Federkraft, sich in ihren vorigen Zustand wieder setzen. Die Kapsel, als ein sehr dünnes Häutchen, zwischen deren innern Fläche und der Linse Wasser enthalten ist, könne der Wirkung des Ligaments, so schwach auch dessen Muskeln sind, willig gehorchen.

Dawider kann aber eingewendet werden, daß, woferne das Wasser innerhalb der Kapsel nicht eine stärkere Brechungskraft als die wässerichte Feuchtigkeit hat, die Verschiebung desselben von einer Stelle zur andern, dieser Feuchtigkeit Platz zu machen, keine Aenderung in dem Wege der Strahlen hervorbringt. Dr. Jurin zieht diesen Umstand gar nicht in Betrachtung, sondern scheint dem Wasser innerhalb der Kapsel dieselbe brechende Kraft mit der Linse selbst beyzulegen, und berechnet dem zu Folge, daß diese Veränderung der Convexität der Kapsel vermögend ist, die Gränze des deutlichen Sehens von 15 Zoll bis zu 14 Fuß 5 Zoll [n]) zu erweitern, ohne die geringste Bewegung der Krystalllinse selbst, und mit einer nur sehr geringen Verrückung der Vorderfläche der Kapsel [o]).

Musschenbroeks Erklärung.

Musschenbroek, oder vielmehr **Albinus**, von dem das anatomische in jenes Introductione etc. herrühret, nimmt an, daß die Veränderung in der Einrichtung des Auges vermittelst der corona ciliaris [p]) bewerkstelliget werde, und zwar auf folgende Art. Wenn man einen sehr nahen Gegenstand betrachtet, wobey die Ver-

n) Manche Schriftsteller reden von der *entferntesten* und von der *nächsten* Gränze des deutlichen Sehens; drücken sich aber hiemit sehr unrichtig aus. Wenn ein Gegenstand unter einem hinlänglich großen Winkel gesehen wird, so ist es einerley, wie weit er entfernet ist, weil er immer mit gleicher Deutlichkeit gesehen wird. Solche, die nicht kurzsichtig sind, können mittelst paralleler Strahlen, ja wohl gar mittelst convergirender deutlich sehen. Was sie unter der *entferntesten Gränze des deutlichen Sehens* verstehen, scheint die Entfernung zu seyn, in welcher man noch ein mit mittlerer Schrift gedrucktes Buch lesen kann. So hat es Dr. Jurin gewiß verstanden, weil er S. 141. saget, daß diese Entfernung nach Maaßgabe der Größe des Druckes verschieden ist. (Diese Ausdrücke haben aber doch einen richtigen Verstand. S. den Zusatz zu diesem Kapitel. Hr. Priestley verwirret hier Deutlichkeit und Empfindlichkeit des Bildes auf der Netzhaut. K.)

o) Essay on distinct and indistinct vision. p. 143. (d. d. A. S. 497. Wie man Gegenstände in einer kleinern Entfernung als 15 Zoll deutlich sehen könne, erkläret Jurin durch die Wirkung eines Muskelringes des Traubenhäutchens, welcher die Hornhaut erhabener machen soll. Sobald dieser Muskelring aufhöre zu wirken, setze sich die Hornhaut durch ihre natürliche Federkraft wieder in die Krümmung für 15 Zoll. Der Raum, um welchen sich die Hornhaut der Oeffnung des Auges zu nähern brauche, sey nur $\frac{1}{80}$ Zoll, wenn man bis auf 5 Zoll deutlich sehen will. Hr. von Haller bemerket dagegen, daß man einen solchen Muskelring nicht ohne Erweis annehmen dürfe, und daß die Hornhaut viel zu hart sey, um sich biegen zu lassen. Phys. T. V. p. 512. K.)

p) S. die Anm. f) im ersten Theile dieser Uebers. S. 30. Die membrana vitrea, welche sich nahe bey der Krystalllinse in zwey Häutchen theilet, von denen die Linse vorne und hinten gefasset wird, machet daselbst einen

Vereinigungspuncte der Strahlen über die Netzhaut hinausfallen, so werden die corona ciliaris und die vordere Haut der Kapsel schlaffer, daß die glasartige Feuchtigkeit, welche von den sie umgebenden Häuten des Auges gepresset ist, vorwärts getrieben wird, und die Linse dadurch von der Netzhaut entfernet. Die Linse treibt die wässerichte Feuchtigkeit vorwärts nach der Hornhaut hin, und machet diese runder. Vielleicht, saget er, mag auch die Krystalllinse runder gemachet werden, so daß drey Mittel da sind, weswegen sich die Strahlen eher als sonst vereinigen müssen. Ist hingegen der Gegenstand so weit entlegen, daß die Strahlen sich zu bald vereinigen, ehe sie die Netzhaut erreichen, so wird die corona ciliaris und die Kapsel der Linse angezogen, drücken die Linse gegen die glasartige Feuchtigkeit an, und nähern sie der Netzhaut. Dabey wird die Linse selbst flächer, und bricht die Strahlen nicht so stark, so daß aus allen diesen Ursachen die Strahlen erst an einer entferntern Stelle sich vereinigen. Die processus ciliares, fährt er fort, wurden sonst für das Werkzeug gehalten, das die Linse von der Netzhaut entfernete, oder sie ihr näherte; weil diese aber nicht muskulös sind, und auch nicht mit der Linse zusammenhängen, so hat man diese Meynung fahren lassen.

Die zona ciliaris und die vordere Haut der Kapsel können die Krystalllinse nur um die Hälfte ihrer Dicke in die glasartige Feuchtigkeit hineintreiben, welches lange nicht so viel beträgt, als nöthig ist, kleine Gegenstände in so ungleichen Entfernungen als 6 Zoll, und 14 Fuß 5 Zoll deutlich erscheinen zu machen. Deswegen, saget Musschenbroek, muß die Linse ihre Figur verändern können, wie dieses Dr. Pemberton wohl bewiesen habe, weil wir Gegenstände vermittelst divergenter Strahlen zu sehen pflegen, aber auch durch Mikroskope vermittelst paralleler, ja wohl convergirender Strahlen sehen können. Am wahrscheinlichsten werde die Figur der Linse durch die Wirkung der vordern Haut ihrer Kapsel geändert, nicht durch die processus ciliares, welche über den Rand der Linse frey und loß hängen, und so schief liegen, daß sie auf die Krystalllinse nicht gerade zu wirken können.

Weil die harte Haut an manchen Thieren so hart ist, daß sie sich gewiß nicht zusammendrücken läßt, die Augen aller Thiere aber sich in den Hauptstücken ähnlich seyn werden, so hält Musschenbroek es daher für wahrscheinlich, daß die Anstalten, das Auge auf verschiedene Entfernungen einzurichten, bey allen dieselben seyn werden, und daß daher eine Veränderung der harten Haut dazu nicht gebraucht werde q).

Zusatz

nen runden Canal rings um den größten Kreis der Linse herum, den sogenannten Petitischen Canal, quer über welchen starke Fibern laufen, die ihn von einer Stelle zur andern so zusammenziehen, daß er, wenn er vermittelst einer kleinen darinn gemachten Oeffnung aufgeblasen wird, wechselsweise von einer Stelle zur andern aufschwillt, und sich einzieht, wie das intestinum colon, wenn es aufgeblasen ist. Hall. Phys. T. 5. p. 393. Musschenb. Intr. vol. 2. p. 752. Zinn, p. 123. tab. 7. f. 1. K.)

q) Musschenbr. Introd. vol. 2. p. 759 seqq.

Zusatz des Uebersetzers.

Umständlich trifft man den Inhalt dieses Kapitels abgehandelt an in des Herrn von Haller Physiologie, B. 5. S. 507-518. Er erkläret sich dahin, daß die Veränderung der Oeffnung des Auges zum deutlichen Sehen auf verschiedene Weiten hinlänglich seyn möchte. Denn man habe sich nur deswegen so viel Mühe gegeben, so mancherley Hypothesen zu erdenken, weil man geglaubet, daß der Mensch in sehr verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen im Stande sey. Dieses verhalte sich aber nicht so. Denn man pflege sich dem Gegenstande zu nähern, oder sich davon zu entfernen, um den wahren Gesichtspunct zu suchen, wenn man etwas deutlich sehen wolle; man würde sich aber ja der Veränderung des Auges bedienen, wenn diese in unserer Gewalt wäre. Ferner sey es gewiß, daß man durch ein Kartenblatt, in welches zwey Löcher gebohret sind, einen Gegenstand in der zum deutlichen Sehen gehörigen Entfernung einfach, in jeder andern doppelt sehe; woraus deutlich erhelle, daß das Auge eine gewisse bestimmte Einrichtung habe, um auf eine gewisse Entfernung deutlich zu sehen, welche Einrichtung sich nicht ändern lasse, um auch auf eine andere Entfernung Deutlichkeit zu erhalten. Wenn man ein mit kleiner Schrift gedrucktes Buch lese, so werde man finden, daß die Entfernung, in der man sie deutlich erkennen könne, nur geringe Veränderungen leide. Er selbst könne sie nicht um einen Zoll verändern, ohne der Deutlichkeit Schaden zu thun *). Es seyn auch keine Kräfte vorhanden, welche die Figur der Linse ändern könnten, und man wisse mit Gewisheit von keiner andern Bewegung im Auge, als der Veränderung der Pupille. Auch in der Camera obscura helfe die Verengerung der Oeffnung zur Deutlichkeit naher Gegenstände.

Wenn man sich von dieser Streitfrage gründlich zu urtheilen in Stand setzen will, so muß man nothwendig von dem Wege der Strahlen durch das Auge deutliche Vorstellungen haben. Ich will daher hier die Resultate meiner darüber sorgfältig gemachten Rechnungen mittheilen.

Ich setze nach den vom Petit an vielen Augen angestellten Messungen, wie sie Jurin im Englischen Decimalmaaße anführet **)

Den Halbmesser der Krümmung der Hornhaut, insgemein		3,329 Lin.
— —	der vordern Krümmung des Krystalls, ein Mittel aus 26 Augen genommen	3,308
— —	der hintern Krümmung, eben so gefunden	2,506
Die größte Dicke des Krystalls, aus eben den Augen		1,812
Axe der Hornhaut und der wässerichten Feuchtigkeit zusammen		1,036

Das

*) Ich finde, daß ich den Hamburger Correspondenten in einer Entfernung von 6 Zoll bis etwa 21 Zoll aus lesen kann, wiewohl ich diese Blätter gewöhnlich in einer Entfernung von etwa 12 Zoll lesen mag. Des Hrn. v. H. Augen sind kurzsichtig.

**) Kästners Lehrbegr. der Optik, S. 496. aus den Mem. de Par. 1728. 1730.

Das Verhältniß der Strahlenbrechung in die wässerichte Feuchtigkeit sey 4 zu 3, aus dieser in den Krystall 13 zu 12, aus diesem in die glasartige 12 zu 13. Die Brechungskraft der Hornhaut wird so groß wie diejenige der wässerichten Feuchtigkeit angenommen, so daß überhaupt drey Brechungen im Auge vorgehen. Die Vereinigungsweiten der Strahlen nach jeder dieser Brechungen für verschiedene Fälle stellet folgende Tafel dar.

Entfernung des Gegenstandes	unendlich	26½ Lin.	80 Lin.
Vereinigungsweite von der Vorderfläche der Hornhaut nach			
der ersten Brechung — —	13,316	13,837	15,215
der zwoten Brechung — —	11,196	11,766	12,354
der dritten Brechung — —	8,998	9,328	9,659

Unter den Linien sind hier Decimallinien eines Englischen Zolles zu verstehen. Die dritte Decimalziffer kann etwas fehlerhaft seyn. Die Vereinigungsweite 9,328 Lin. ist das arithmetische Mittel zwischen den Vereinigungsweiten, wenn die Entfernung des Gegenstandes auf der Axe unendlich oder 8 Zoll ist, woraus rückwärts die dazu gehörige Entfernung des Gegenstandes 26½ Zoll berechnet ist. Diese Vereinigungsweite soll als die Tiefe des Auges, für das die Berechnung gemachet ist, angenommen werden, damit die Undeutlichkeit weder auf der einen noch auf der andern Seite zu groß ausfalle, wenn das Auge seine Einrichtung nicht sollte ändern können, oder damit, wenn sie es ändern kann, die Veränderungen auf beyden Seiten zum nähern oder entferntern Sehen einander etwa gleich kommen mögen. Jurin führet an, daß er durch ein Mittel von sechs zergliederten Augen die Augenaxe von der äußern Fläche der Hornhaut bis an das Netz 9,15 Lin. groß gefunden habe.

Wir wollen fürs erste diesem Auge keine Veränderung seiner Einrichtung zugestehen; es soll bloß auf 26 Zoll vollkommen deutlich sehen. Die Zerstreuung der Strahlen, wenn der Gegenstand sehr weit vom Auge entfernet, oder bis auf 8 Zoll demselben genähert wird, ließe sich zwar berechnen, wenn man die Winkel der äußersten Strahlen, welche durch die Oeffnung des Auges gehen, mit der Axe suchte. Man würde aber nichts daraus schließen können, weil wir nicht wissen, wie groß die Zerstreuung seyn darf, ohne der Deutlichkeit merklich zu schaden. Da die Längenabweichung in unserm zum Beyspiele genommenen Auge nur $\frac{3}{10}$ Lin. ausmachet, so ist die Seitenabweichung viel kleiner, weil der Winkel der äußersten Strahlen mit der Axe nur klein seyn kann.

Sehr sinnreich und einfach ist aber die Methode, deren sich Jurin bedienet*), die Zerstreuung der Strahlen und die daher entstehende Undeutlichkeit zu bestimmen, und diese will ich hier ins Licht zu setzen mich bemühen.

P — A — B — O — p a b

Es

*) Kästners Lehrbegr. d. Optik, S. 496.

Es sey die Vorderfläche der Hornhaut in O, die Strahlen, welche von A herkommen, sollen in a, die von B in b, die von einem unendlich entlegenen Puncte P in p vereiniget werden. Es sey O A = $26\frac{1}{2}$ Zoll; O a = $9\frac{1}{3}$ Lin. die Tiefe des Auges bis an die Netzhaut in a. Man denke sich in A die Spitze eines Strahlenkegels, dessen Grundfläche die Oeffnung des Auges ist; diesen Kegel verlängere man nach P hin ins Unendliche fort, so werden alle in demselben enthaltenen Strahlen in a zusammenkommen. Ist der Durchmesser der Augenöffnung 2 Lin. oder $\frac{2}{10}$ Zoll, so ist der Winkel, welchen zwo Seitenlinien des Kegels in der Ebene durch seine Axe mit einander machen, etwa 26 Minuten. Wenn man also mit einem auf die Entfernung O A eingerichteten Auge zween Sterne betrachtete, die um 26 Minuten von einander stünden, so würden die äußersten Strahlen, welche von ihnen durch die Oeffnung des Auges gehen, nachdem sie sich in A gekreuzet haben, in a zusammenkommen, das heißt, die Zerstreuungskreise ihrer Strahlen auf der Netzhaut würden so groß seyn, daß sie sich auf der Axe berühreten. Hieraus folgete zwar noch nicht, daß, wie Jurin meynet, die Sterne 26 Min. groß scheinen müßten, weil das Licht nach dem Rande des Zerstreuungskreises hin zu schwach seyn könnte, um empfunden zu werden. Immer bliebe aber die Undeutlichkeit gewiß sehr groß, wenn man auch die wirklich empfundene Zerstreuung um die Hälfte und mehr geringer ansetzen wollte, und eine Verminderung der Oeffnung des Auges könnte hier nicht helfen, weil es sonst an Helligkeit gebrechen möchte.

Die Tiefe des Auges O A kleiner als $9\frac{1}{3}$ Lin. und die Entfernung O A, welche vielleicht für die meisten Augen schon zu groß ist, größer als $26\frac{1}{2}$ Zoll anzunehmen, schadet am deutlichen Sehen in kleinern Entfernungen. Es sey O B = 8 Zoll. Durch B gedenke man sich einen Strahlenkegel, dessen Grundfläche in O auf der Oeffnung des Auges, und der auf der andern Seite bis A hin verlängert wird. In A sey ein Gegenstand von der Größe der Grundfläche des Kegels in diesem Puncte. Jeder Punct desselben malet sich auf der Netzhaut vollkommen deutlich ab, in dem Puncte, wo von ihm ein Strahl die Netzhaut trifft, also in einem Strahle durch B, und daher ist des Punctes B Bild genau so groß als das Bild des Kreises in A. Es verhalten sich aber die Durchmesser dieses Kreises und der Oeffnung des Auges, wie A B zu O B, in unserm Exempel wie 37:16, also ist der Kreis in A, wenn der Durchmesser des Auges 2 Lin. gesetzet wird, $4\frac{5}{8}$ Lin. im Durchmesser. Oder man kann sich auch auf folgende Art die Undeutlichkeit eines in B befindlichen Gegenstandes begreiflich machen. Die Oeffnung des Auges nehme man 2 Lin. groß, und setze in B den Mittelpunct eines Kreises 1,4 Lin. im Durchmesser, so werden die äußersten Strahlen, die von dem Umfange desselben ins Auge kommen, durch A gehen, folglich in a zusammen kommen. Das ist, die Zerstreuungskreise zweener diametral entgegen gesetzter Puncte dieses in B befindlichen Kreises werden sich im Auge berühren, oder die deutlich zu erkennenden Sachen müssen in B bald $1\frac{1}{2}$ Linien von einander entfernet seyn, wenn ihre Bilder nicht in einander fließen sollen. Eine solche Undeutlichkeit, die man beym Sehen doch nicht antrifft, zu heben, wird ohne eine Veränderung der Einrichtung des Auges nicht möglich

 seyn.

seyn. Wenn man auch andere Maaßen bey der Berechnung annimmt, so wird dieses nicht helfen: die Undeutlichkeit wird auf der einen Seite desto schlimmer, wenn man auf der andern sie vermindert. Die Puncte b und p werden auch einer fast so viel als der andere nach O hin oder davon abrücken.

Es kömmt also nur darauf an, die Art der Veränderung im Auge, und die Mittel, wodurch sie bewerkstelliget wird, ausfindig zu machen. Da unsere größten Anatomiker, ein **von Haller** oder **Zinn**, die processus ciliares für ganz unfähig dazu erklären, so darf man wohl mit **Porterfield** nicht darauf bestehen. Nach der Beschreibung des **Petitischen Canals**, sollte man denken, daß er das Werkzeug zu den Veränderungen des Auges wäre. Vielleicht so, daß er, wenn er sich ausdehnet, den Rand der Linse einwärts drücket, und sie erhabener machet, um in der Nähe Deutlichkeit zu verschaffen, oder auch die Linse selbst etwas vorwärts treibt. Es könnte dies allenfalls ohne Hülfe von Muskeln auf die Art etwa geschehen, wie Herr von Haller die Verengerung der Pupille erkläret. Doch überlasse ich dieses, wie billig, den Anatomikern.

Zum Schlusse muß ich noch eine Bemerkung von den Gränzen des deutlichen Sehens machen. Für jedes Auge muß es eine gewisse Weite geben, auf welche es vollkommen deutlich ohne alle Anstrengung sieht, so daß die Strahlen von einem Puncte in dieser Entfernung vollkommen in einen Punct vereiniget werden. Weil das Auge ein Vermögen hat, seine Einrichtung etwas zu ändern, so muß es noch auf andere Weiten, als jene, welche ich die **natürliche Weite des vollkommenen Sehens** nennen will, vollkommen deutlich sehen können. Die Gränzen dieser Weiten disseits und jenseits der natürlichen Weite, sind die **Gränzen des vollkommen deutlichen Sehens**. Weil das Auge einige Undeutlichkeit vertragen kann, so lassen sich diese Gränzen noch auf eine gewisse Weite aus einander rücken, und so erhält man die **Gränzen des guten Sehens ohne merkliche Undeutlichkeit**. Ich wünschte, daß man zur Bestimmung dieser Gränzen für die gewöhnlichsten Fälle mehr Versuche machete.

Drittes Kapitel.

Ueber das Schielen.

Verschiedene Meynungen vom Schielen.

Schielen ist ein Umstand beym Sehen, worüber die Naturkundigen ziemlich uneins gewesen sind. Man nahm sonst gewöhnlich an, daß es von einem Mangel der gehörigen Uebereinstimmung zwischen den Augenmuskeln herrühre, die deswegen nicht im Stande wären, beyde Augen auf einen und denselben Gegenstand zu richten. Allein **de la Hire** war der Meynung, daß dieser Uebelstand nicht von einer Angewohnheit, oder von einer Mishelligkeit der Augenmuskeln entstünde, sondern seinen Grund in einem Fehler des Auges selbst hätte, als worinn der empfindlichste Theil der Netzhaut nicht in die Richtung der Augenaxen, sondern etwas zur Seite fiele, so daß daher nicht die Augenaxen, sondern dieser empfindlichere Theil der

der Netzhaut nach dem Gegenstande gekehret würde, auf welchen die Axe des andern Auges gerichtet ist, und beyde Axen also nicht auf denselben Punct träfen.

Diese und andere Erklärungen widerleget Dr. Jurin, und giebt dagegen folgende. Wenn wir gerade vor uns nach einer entlegenen Sache sehen, so liegt jeder Augapfel in der Mitte der Oeffnung, welche die Augenlieder machen. Sehen wir nach nahen Sachen, so ist die Entfernung beyder Augäpfel etwas kleiner; bleibt aber doch unverändert, sowohl, wenn wir die Augen schief drehen, als wenn wir gerade vor uns hin sehen; und dadurch bleiben die beyden Augenaxen nach demselben Puncte gerichtet, man mag nach einer nahen oder entfernten Sache sehen. Bey Schielenden aber bleibt der Augapfel des unverdrehten Auges in der Mitte der Oeffnung, so wie, wenn man gerade vor sich sieht, aber der Augapfel des andern Auges wird gewöhnlich nach der Nase hin gezogen; und in dieser kleinern Entfernung bleiben beyde bey allen schiefen Richtungen des Auges, so daß die beyden Axen niemals auf denselben Punct gerichtet sind, wiewohl die Muskeln in soweit gleichförmig wirken, daß sie beyde Augen zu gleicher Zeit nach einerley Gegend bewegen.

Jurins Erklärung.

Diesen Fehler kann ein Kind sich leicht angewöhnen, wenn man es oft in der Wiege so leget, daß es das Licht oder eine andere in die Auge fallende Sache nur mit einem Auge sehen kann. Ist es auf solche Art zum Schielen verleitet, und durch Gewohnheit darinn bestärket, so fürchtet er, es werde vergeblich seyn, den Fehler durch Röhren oder Schalen mit Löchern, die das Kind vor den Augen tragen muß, abhelfen zu wollen, wie man sonst mag versuchet haben.

Für die wahre Art, das Schielen zu heben, hält er folgende. Wenn das Kind so alt ist, daß es seinen Augen eine gewisse Richtung zu geben versteht, so stelle man es gerade vor sich, lasse es das unverdrehete Auge zuschließen, und sich mit dem andern von ihm ansehen. Findet man die Axe des Auges gerade auf sich gerichtet, so sage man ihm, es soll sich bestreben, das Auge in dieser Lage zu erhalten, und lasse es das andere aufthun. Alsdenn wird man das unverdrehete zwar auf sich gerichtet finden, das fehlerhafte aber wird nach der Nase des Kindes hin sich drehen. Doch durch Gedult und wiederhohlte Versuche wird das Kind allmählig es dahin bringen, auch das verdrehte Auge in unverwandter Richtung, wenigstens eine kurze Zeit zu erhalten, nachdem das andere Auge geöffnet ist. Hat man es so weit gebracht, daß es beyde Augenaxen auf einen richten kann, wenn man gerade vor ihm stehet, so verändere man seine Stellung, und lasse es erst ein wenig auf die eine Seite, denn auf die andere treten, und eben das wiederhohlen. Kann es in allen diesen Stellungen beyde Augenaxen vollkommen und leicht auf einen richten, so ist der Gesichtsfehler gehoben. Ein erwachsener Mensch kann alles dieses, für sich allein, vermittelst eines Spiegels bewerkstelligen, doch nicht so leicht, als wenn er jemanden zur Hülfe nimmt; aber je älter er ist, desto mehr Gedult wird er nöthig haben. Dr. Jurin versuchte einmal einen jungen Menschen von neun Jahren auf diese Art vom Schielen zu befreyen, hatte auch viel Hoffnung eines guten Erfolges, als dieser die Pocken bekam, und daran starb [a]).

Heilart des Fehlers.

Nnn 3 Herr

a) Smith's Opticks, Remarks, p. 30. (d. d. A. S. 395.)

Büffons Erklärung.

Herr **von Büffon**, der die Ursache des Schielens noch sorgfältiger untersuchet hat, entdeckte durch sehr viele darüber angestellte Wahrnehmungen, daß sie in der Ungleichheit der Güte beyder Augen, oder der Gränzen des deutlichen Sehens für beyde liegt. Wenn ein Auge, saget er, viel schwächer als das andere ist, so richtet man es nicht nach dem Gegenstande, sondern brauchet bloß das stärkere Auge, so wie man sich gewöhnlich des rechten Armes lieber als des linken bedienet. Sind beyde Augen gleich gut, so sieht man mit beyden deutlicher als mit einem allein, und zwar etwa um ein Dreyzehntheil. Wenn aber z. E. die Entfernung, in welcher jemand eine kleine Schrift lesen kann, für das schärfere Auge von 8 bis zu 20 Zoll, und für das schwächere von 8 bis zu 15 Zoll gehet, so liegen die Gränzen des deutlichen Sehens für beyde Augen nur um 7 Zoll auseinander, nämlich von 8 bis zu 15 Zoll, und weil das Bild in dem schärfern Auge stärker als in dem stumpfern Auge ist, so wird ein solcher mit beyden Augen nicht so deutlich als mit dem guten Auge allein sehen. Es ist also kein Wunder, wenn solche Personen das gute vorzüglich brauchen, und das andere zur Seite kehren [b]).

Inzwischen behauptet unser Verfasser nicht, daß die Ungleichheit der Güte beyder Augen die einzige Ursache des Schielens sey. Sie ist, saget er, nur die Hauptursache, so daß man die andern als zufällige in Vergleichung mit ihr ansehen kann, und so gemein, daß bey allen Schielenden, an welchen er Beobachtungen gemacht hatte, der Fehler von der Ungleichheit ihrer Augen herrührete. Die Folgen dieser Ursache sind so nothwendig, fähret er fort, daß es vielleicht nicht möglich ist, das Schielen zu heben, wenn die Ungleichheit der Augen zu groß ist, man müßte sie denn vermittelst dazu eingerichteter Gläser einander gleicher machen [c]). Dr. Reid führet an, daß er mehr als zwanzig Schielende untersucht, und bey allen einen Fehler in dem Gesichtsvermögen des einen Auges gefunden habe. Vier von ihnen waren noch mit dem schwachen Auge deutlich zu sehen im Stande, wenn das andere geschlossen war. Die übrigen sahen mit dem einen Auge ganz und gar nicht deutlich [d]).

Da Herr **von Büffon** an verschiedenen Kindern, welche nicht schieleten, die Gränzen des deutlichen Sehens untersuchte, so fand er, daß sie bey weitem nicht so nahe oder so weit wie erwachsene Personen sehen könnten, [e]) daß also, mit zunehmenden Jahren die Gränzen des deutlichen Sehens nach beyden Seiten hin erweitert werden; und dieses, saget er, ist eine Ursache, warum Kinder mehr als erwachsene Personen schielen. Wenn die Ungleichheit der Augen nur $\frac{3}{10}$ oder geringer seyn darf, um bey einer kleinen Entfernung der Gränzen des deutlichen Sehens, das Schielen zu verursachen, so muß sie $\frac{1}{8}$ oder noch größer, bey einer größern Entfernung der Gränzen, seyn, um diesen Fehler hervorzubringen, der deswegen mit den Jahren abnehmen mag.

Sind

b) Mem. de l'Ac. de Par. 1743, p. 329.
c) Ibid. p. 338.
d) Inquiry into the human mind, p. 253.

e) Ein Kind zwischen 5 und 6 Jahren, mit dem ich etwas von den Sternen redete, machte mir, als ich deren scheinbare Größe mit

Büffons Heilart.

Sind die Augen eines Schielenden nicht zu viel unterschieden, so würde, nach seiner Meynung die einfachste, natürlichste und sicherste Art zu helfen seyn, daß man das gute Auge einige Zeit bedecket halten ließe. Dadurch würde das verdrehete Auge gezwungen, sich anzustrengen, und sich selbst gerade nach den Gegenständen zu richten, so daß dieses zuletzt ihm allmählig ganz natürlich fallen würde. Einige Oculisten sollen sich, wie er gehöret hatte, dieser Art mit gutem Erfolge bedienet haben; doch räth er an, ehe man dazu schreitet, sich wegen des Grades der Ungleichheit beyder Augen wohl zu vergewissern, weil die Heilart unmöglich gelingen kann, wenn die Ungleichheit zu groß ist. Diese Gedanken fand er auch zu seinem Vergnügen durch einen vom Hrn. **Allen** in dessen Synopsi vniuersae medicinae angeführten Versuch bestätiget *f*).

Die Ursache, daß Schielende gewöhnlich das fehlerhafte Auge nach der Nase zu drehen, suchet er darinn, daß in dieser Lage die Richtung der Axe desselben so viel als möglich von der Richtung des guten Auges sich entfernet, wozu kömmt, daß alsdenn die Nase viele Gegenstände verdecket, die sonst mit dem schlechten Auge würden gesehen werden, weswegen diese Richtung mit den wenigsten Unbequemlichkeiten verknüpfet ist *g*).

Andere Art von falscher Richtung der Augen.

Manche Personen, füget er hinzu, sind nicht eigentlich Schielende, haben aber doch eine falsche Richtung an einem ihrer Augen, die inzwischen nicht so sehr in die Augen fällt, um einen Uebelstand zu machen. Ihre Augäpfel bewegen sich zusammen, aber die Augenaxen bleiben, statt nach Maaßgabe der Entfernungen der Sachen gehörig gegen einander geneigt zu seyn, immer etwas zu viel oder zu wenig gegen einander geneigt, oder auch wohl sich immer parallel. Dieser Fehler hat, seiner Meynung nach, oft seinen Grund in der ungleichen Stärke der Augen *h*), und kann, wenn er von einer andern Ursache, als etwa von einer Angewöhnung aus der Wiege her, entsteht, leicht gehoben werden. Ist das schielende Auge nach dem Schlaf gekehret, so ist, wie er gefunden, die Ungleichheit der Augen nicht so groß als in dem Falle, wenn es sich nach der Nase hin hält, und der Fehler rühret mehr von einer schon in der Wiege entstandenen Gewohnheit her, und kann alsdenn gehoben werden, wenn man das gute Auge etwa vierzehn Tage geschlossen hält *i*).

Hr. **von Büffon** machet am Ende seines merkwürdigen Aufsatzes noch die Anmerkung, daß ein schwaches Auge durch Uebung stärker wird, und erzählet, daß verschiedene Personen, deren Schielen er für unheilbar gehalten, weil ihre Augen gar

mit einem großen Nadelknopfe verglich, diese Vergleichung augenblicklich streitig, und behauptete, sie schienen ihm viel größer, noch etwas größer, so viel ich herausbringen konnte, als ein Zweygroschenstück, und dieses ohne die Spitzen, wie es sich ausdrückte. K.

f) Mem. de l'Ac. de Par. 1743, p. 335.

g) Ibid. p. 337.

h) Meine Augen sind ungleich, da ich mit dem rechten den hamburger Correspondenten auf 20 Zoll, mit dem linken aber nur bis auf 13 Zoll lesen kann. Die Axe des linken drehet sich auch gerne nach dem Schlaf hin. K.

i) Mem. de Par. 1743, p. 342.

gar zu sehr an Güte unterschieden gewesen, dadurch, daß sie das gute Auge nur einige Minuten lang bedecket gehalten, und also sich gezwungen haben, das schlechte die kurze Zeit über anzustrengen, diesem eine solche Verbesserung verschaffet hätten, daß sie selbst darüber erstaunet geworden wären, und daß er den Fehler dieses Auges, nachdem er die Weite, worauf es nach dieser Uebung gerichtet, untersuchet, für heilbar erkläret hätte. Darum müsse man, um von der Möglichkeit der Heilung desto zuverläßiger zu urtheilen, das gute Auge den Schielenden eine Zeit lang bedecken lassen, um dem schlechten dadurch mehr Stärke zu verschaffen [k].

Reids Anmerkung.

Dr. Reid, der diese Sache sorgfältig untersuchet, und die Augen verschiedener Schielenden geprüfet hat, ist der Meynung, daß die Mittelpuncte ihrer Augen so gut mit einander übereinstimmen, wie in andern Personen; so daß, wenn sie sich nur angewöhnen könnten, ihre Augen gerade auf eine Sache zu richten, sie nicht allein einen Uebelstand, sondern auch ihr Gesichtsvermögen verbessern würden [l].

Hartley von dem Lichte als Ursache des Schielens.

Verschiedene Ereignisse beym Sehen, und insbesondere beym Schielen sind von Dr. Hartley in den Anmerkungen, die er über den Bau des Auges macht, sehr wohl erläutert. Die weißen flechsichten Ausbreitungen der vier gerade ziehenden Muskeln reichen bis an die Hornhaut, und sind folglich bey offenem Auge der Wirkung des Lichtes sehr ausgesetzet, weil sie bloß von einer dünnen Haut bedecket werden. Der herziehende und abziehende Muskel sind beyde auf diese Art weit mehr bloß gestellet, als der heraus ziehende und der herunterziehende, auf welche das Licht nicht fallen kann, wenn das Auge nur ein wenig geöffnet ist.

Befindet sich nun rechter Hand ein heller Gegenstand, so daß das Licht insbesondere auf die flechsichte Ausbreitung des abziehenden Muskels des rechten Auges, und des herziehenden Muskels des linken fällt, so werden durch die Zusammenziehung der Muskeln, beyde Augen sich nach derselben Seite hin, dem Lichte zu, bewegen; und dieses so lange, bis der herziehende und abziehende Muskel in beyden Augen einer so viel Licht empfängt, als der andere, das ist, bis die Augenaxen nach dem hellen Gegenstande hin gerichtet sind.

Hiemit stimmet überein, daß an neugebohrnen Kindern die Augäpfel sich nach derselben Seite hin zu bewegen pflegen und daß dieses fast immer nach der rechten oder linken Hand hingeschieht, selten aufwärts oder herunterwärts; weil die Augenlieder selten so weit offen sind, daß die flechsichten Ausbreitungen des heraufziehenden und des herunterziehenden Muskels bloß lägen. Ihre Augen kehren sich immer nach hellen Gegenständen, als einem brennenden Lichte, einem Fenster u. d. gl. hin.

Weil die schiefziehenden Muskeln keine flechsichte Ausbreitungen haben, die dem Lichte ausgesetzet wären, und auch an der Augkugel weiter nicht hängen, als eben da, wo sie eintreten, so können sie auf die Art, wie hier von den geradeziehenden Muskeln angenommen ist, von außen nichts leiden, sondern sind bloß den vom Gehirne entspringenden Einflüssen unterworfen; die überhaupt, es sey denn bey außerordentlichen Erschütterungen des ganzen Nervensystems, fast gleichförmig wirken.

k) Ibid. p. 345.

l) Inquiry into the human mind. p. 257.

wirken. Dieses stimmet auch mit der Erfahrung überein, und schicket sich gut zu der Absicht, die diesen Muskeln gewöhnlich zugeschrieben wird, daß sie nämlich das Auge sanft hängend erhalten, und nur bey gewissen besondern Gelegenheiten es hervorziehen sollen.

Auch die Ereignisse, welche bey jungen Kindern das Schielen verursachen, bestärken die hier vorgetragene Theorie. Als wenn ein Kind so in der Wiege geleget wird, daß ein Auge verdecket ist, so fällt die Wirkung des von außen herkommenden Einflusses des Lichtes weg. Wird dieses oft wiederhohlet, besonders so lange die Vergesellschaftung der Bewegungen, vermöge deren eine von der andern erreget wird, noch schwach ist, so wird das so bedeckte Auge bloß von den Einflüssen aus dem Gehirne her regieret werden, und wird sich meistentheils aufwärts und niederwärts bewegen [m]).

Viertes Kapitel.

Vermischte Ereignisse an den Augen.

Einfluß der Uebung aufs Sehen.

Dr. Jurin macht schöne Bemerkungen über die von Angewohnheit und Alter herrührende Veränderungen des Auges, die sehr wohl eine Stelle in diesem Kapitel verdienen. Die Muskeln des Auges werden, so wie an andern Theilen des Körpers, durch Uebung stärker und schmeidiger, und durch Unthätigkeit schlaffer. Gleichfalls verlieren an dem Auge, so wie an den übrigen Theilen des Körpers, die elastischen Theile, wenn sie oft und lange gespannt erhalten werden, von ihrer Federkraft, und werden, wenn sie selten gespannt werden, steif.

Hieraus, saget er, lassen sich die Veränderungen des Auges begreifen, die durch Uebung und Gewohnheit entstehen. Leute, die sehr oft entfernte Gegenstände zu betrachten haben, als Reisende, Seeleute, Jäger, sehen besser in die Ferne als andere Menschen. Dagegen sehen Leute, die sich viel mit sehr nahen Dingen beschäftigen, als Gelehrte mehrentheils, Uhrmacher, Kupferstecher, Miniaturmahler, in kleinen Entfernungen besser, in großen Entfernungen schlechter, als andere Menschen.

Oeffnung des Auges ist an Kindern größer.

Bey Kindern ist die Oeffnung des Auges ordentlich weiter als bey Erwachsenen. Zur Ursache giebt er an, daß bey Kindern die Hornhaut sehr biegsam ist, so daß sie durch den Muskelring der Traubenhaut die zur Deutlichkeit beym Lesen nöthige Krümmung leicht annimmt, weswegen sie die Oeffnung des Auges, der Deutlichkeit wegen, nicht so sehr zu verengern brauchen. Bey erwachsenen Personen ist die Hornhaut steifer, und deswegen sind sie genöthiget, die Oeffnung des Auges mehr zu vermindern. Alte Leute haben eine noch steifere Hornhaut, und können deswegen nicht ohne Brille lesen, wenn nicht der Druck groß und die Erleuch-

m) Hartley's observations on Man, vol. I. p. 215, 217.

Erleuchtung stark ist, daß die Oeffnung sich daher beträchtlich zusammenziehen muß. Darum müssen sie das Licht zwischen das Auge und das Papier halten, ein gewisses Zeichen, daß sie bald Brillen brauchen.

Kinder kurzsichtig.

Kinder lesen viel näher als Erwachsene, weil sich ihre biegsame Hornhaut leicht auf eine kleinere Entfernung einrichtet, und die nähere Schrift größer aussieht, und besser zu lesen ist, auch weil ihre Augen kleiner sind, und die kleinste Entfernung, worauf ein Auge deutlich sieht, sich wie seine Länge verhält [a]).

Alte weitsichtig.

Alte Leute sehen besser in die Ferne als junge. Dieses hält unser Verfasser für ziemlich ausgemacht, und wenn, saget er, jemand daran zweifeln wollte, ließe es sich so untersuchen. Man lasse einen, dem Alters wegen das Gesicht zu nahen Sachen abgeht, den drey- oder viertägigen Mond betrachten, und Acht geben, ob der erleuchtete Theil ihm von einem größern Durchmesser, als der dunkele, scheine, und wie viel das betrage: darauf muß er sich, wenn er kann, besinnen, wie ihm dieses in jüngern Jahren vorgekommen ist. Unser Verfasser glaubet, daß er den hellen Theil entweder gar nicht größer, oder doch lange nicht so viel größer als sonst finden werde [b]). Wenigstens war das bey ihm der Fall. Er erinnerte sich sehr wohl, daß er ehemals den hellen Theil für viel größer als den dunkeln gehalten, dagegen zu der Zeit, wie er dieses schrieb, die Ränder dieser beyden Theile ihm fast in denselben Kreis sich zu verringern schienen.

Weil die Hornhaut aus einem lockern Gewebe, als die harte Haut besteht, und der Luft mehr ausgesetzet ist, so wird sie mit der Zeit mehr zusammenschrumpfen, und daher flacher werden, weswegen auch alte Leute in der Nähe nicht so gut sehen, wie junge. Weil nun hiezu noch die Steifigkeit der Hornhaut kömmt, so wird dadurch die nächste Gränze des deutlichen Sehens, von 3 bis 4 Zoll, wie sie bey Kindern ist, und von 5 bis 6 Zoll, wie sie bey jungen erwachsenen Personen ist, auf 20, 30, 40 Zoll und noch weiter fortrücken. In diesem Falle kann das Auge sich nicht anders als durch die Zusammenziehung des Sternes helfen, welches aber zum deutlichen Sehen nicht hinreichend ist, es müßte denn die Erleuchtung sehr stark seyn.

Weil die Säfte erwachsener Thiere überhaupt stärker und reicher an salzichten und ölichten Theilen werden, so wird auch vermuthlich die Brechungskraft der Feuchtigkeiten des Auges mit den Jahren größer. Denn alle brennbare Substanzen brechen, caeteris paribus, das Licht stärker als andere; und Petit bemerket, daß der Krystall im Auge, welcher anfangs ganz ohne Farbe ist, mit den Jahren immer gelber wird. Dieses mag eine allmählige Zunahme der Brechungskraft, wie unser Verfasser glaubt, mit sich führen, und ein Gegenmittel der allzuflach und

a) Kinder brauchen ihr Gesicht nicht in die Ferne, aber fast immer in der Nähe; darum ist es zum nahen Sehen eingerichtet. K.

b) Die Undeutlichkeit vermehret die scheinbare Größe des hellen Theiles. Je weitsichtiger das Auge wird, desto geringer wird die Undeutlichkeit. K.

und steif werdenden Hornhaut abgeben, da wir sonst zu bald weitsichtig werden, und eher Brillen gebrauchen möchten [c]).

Hr. **Aepinus** führet an, daß an seinen Augen von seiner Kindheit an sich ein besonderer Umstand ereignet hätte, da nämlich, sobald er sie auf einen weißen Gegenstand richtete, es ihm vorkäme, als sähe er etwas, wie durchsichtige, sehr mit einander verwickelte Fäden, mit kleinen Knoten, auch neblichten runden Flecken dazwischen. Daß die Ursache dieser Krankheit in der glasartigen Feuchtigkeit liege, scheint er ziemlich deutlich bewiesen zu haben. Weil aber dieses Ereigniß etwas ungewöhnliches ist, so werde ich wohl nicht nöthig haben, von seinen sehr ins Einzelne gehenden Untersuchungen etwas anzuführen [d]).

Sonderbares Ereigniß.

In diesem Kapitel will ich ferner die mir vorgekommenen Bemerkungen von den Verschiedenheiten beym Sehen mit einem oder beyden Augen einrücken.

Newton und andere glaubten, daß die Gegenstände deswegen einfach aussehen, weil die Sehenerven sich vereinigen, ehe sie das Gehirn erreichen. Allein Dr. **Porterfield** erweiset aus den Beobachtungen mehrerer Zerglieder, daß die Sehenerven sich nicht mit einander vermischen, sondern sich bloß hart an einander schliessen, und daß man sie von einander getrennt gefunden, ohne daß die Gegenstände vorher doppelt erschienen wären [e]).

Ursache des einfachen Sehens.

Dr. **Briggs** glaubet, das einfache Sehen rühre von der gleichstarken Spannung der übereinstimmenden Theile der Sehenerven her, weswegen sie gleichzeitige Schwingungen bekämen. Dieses ist, wie Dr. **Porterfield** zeiget, schon zum Theil für sich unwahrscheinlich, und stimmet mit den Erfahrungen nicht zusammen.

Porterfield selbst glaubet, daß wir, vermöge einer ursprünglichen Einrichtung unserer Natur, die Gegenstände irgendwo in der geraden Linie sehen, die senkrecht auf die Netzhaut an der Stelle, wohin das Bild fällt, gezogen wird. Weil also ein einziger Gegenstand beyden Augen auf derselben Stelle zu seyn scheint, so kann die Seele nicht zween daraus machen [f]). Zur Beantwortung des Einwurfes, daß Gegenstände doppelt erscheinen, wenn ein Auge verdrehet ist, führet er an, daß die Seele sich in Absicht auf die Lage des Auges irret, und sich einbildet, das Auge habe sich mit dem andern gleichförmig beweget, als in welchem Falle ihr Urtheil richtig gewesen seyn würde. Hier scheint er aber doch die Macht der Gewohnheit zu Hülfe zu nehmen, der er sonst nichts einräumen will.

Sonst hält man diese zur Erklärung dieser Erscheinungen für hinlänglich. Ursprünglich ist uns jede Sache, wegen der beyden Bilder, deren sich eines in jedem

c) Essay on distinct and indistinct vision; p. 146. (Kästners Lehrbegr. S. 501.)

d) Nov. Comm. Petr. vol. 10. p. 290.

e) On the eye, vol. 2. p. 285.

f) Porterfield muß außer diesem noch annehmen, daß wir ein Vermögen haben, von der Entfernung der Gegenstände zu urtheilen, damit die Seele den Ort einer Sache in den Durchschnitt der beyden Linien setzen möge, und nicht in verschiedene Puncte. Aber unsere Urtheile von Entfernungen sind ja sehr schwankend. K.

Auge malt, doppelt vorgekommen; aber allmählig fanden wir, daß, wenn zwo übereinstimmende Theile der Netzhaut gerühret wurden, der Gegenstand nur einfach war. Werden aber diese übereinstimmende Puncte geändert, als durch einen Schlag auf das Auge, so muß die Sache doppelt, wie anfangs erscheinen. Dieses scheint durch eine Nachricht bestätiget zu werden, welche uns **Cheselden** von einem Manne giebt, dem durch einen Schlag auf den Kopf das eine Auge verdrehet ward, und der deswegen alles doppelt sah, bis daß allmählig die gewöhnlichsten Gegenstände wieder einfach, und zuletzt alle und jede es schienen, ohne daß das verkehrte Auge seine gehörige Lage wieder erhielt [g]). Einen ähnlichen Fall erzählet Dr. Smith [h]).

Gegentheils ist D. **Reid** der Meynung, daß die Uebereinstimmung der Mittelpuncte beyder Augen, worauf das einfache Sehen beruhet, nicht von der Gewohnheit, sondern von einer angebohrnen Einrichtung des Auges und der Seele herrühre. Er macht verschiedene richtige Einwendungen gegen den Fall des Herrn Foster, den Smith und andere anführen, und glaubet, daß der Fall des jungen Menschen, dem von Cheselden der Staar gestochen ward, für seine Meynung fast entscheidend sey. Ferner fand er, daß drey junge Herren, denen er das Schielen zu benehmen gesucht hatte, die Gegenstände einfach sahen, sobald als sie vermögend geworden waren, die Mittelpuncte beyder Augen auf denselben Gegenstand zu richten, ob sie gleich von ihrer Kindheit an dieses nicht zu thun gewohnt gewesen waren. Dabey führet er noch an, daß es Fälle giebt, in welchen, so sehr man auch gewiß ist, der Gegenstand sey nur einfach, er dennoch auf keine Weise einfach erscheinen wird, als wenn man durch ein vielseitiges Glas ihn ansieht [i]).

Helligkeit mit einem und beyden Augen.

Dr. **Jurin** hat uns durch folgende artige Versuche bestimmen gelehret, ob ein Gegenstand mit beyden Augen gesehen, heller, als mit einem Auge allein aussieht.

Er legte einen Streifen reines weißes Papier gerade vor sich auf den Tisch, und hielt die Seite eines Buches hart an seinen rechten Schlaf, so daß das Buch merklich vor seinem Gesichte hervorragete, und seinem rechten Auge die zur rechten liegende Hälfte des Papieres verdeckte, da die linke Hälfte des Papiers von beyden Augen ohne Hinderniß gesehen werden konnte. Nun sahe er mit beyden Augen das Papier an, und bemerkte, daß es von oben herunter mit einem dunkeln Striche getheilet war, und daß die mit einem Auge nur gesehene Hälfte rechter Hand dieses Striches merklich dunkler aussah, als die mit beyden Augen gesehene linke Hälfte. Darauf hielt er das Buch auch an den linken Schlaf, und versicherte sich

g) Porterfield on the eye, vol. 2. p. 315. (Smiths Optik, d. d. A. S. 45.)

h) Opticks, Remarks, p. 31. (d. d. Ausg. S. 397.)

i) Inquiry, p. 267. (Der Staar an dem einem Auge ward dem Cheseldenschen Blinden später als der an dem andern Auge gestochen. Das zweyte Auge ist also gleichsam bey dem ersten in die Lehre gegangen, und hat sich nach dessen Urtheilen gerichtet. K.)

sich aus dem Erfolge des Versuches, daß seine beyde Augen von gleicher Güte waren.

Darauf versuchte er herauszubringen, wie viel die Helligkeit des einen Theils größer als die des andern wäre, und ließ zu dem Ende die Hälfte des Papieres, welche er mit beyden Augen betrachtete, von einem einzigen Lichte, diejenige Hälfte aber, welche er mit einem Auge sahe, von zwo Lichtern erleuchtet werden, in der Erwartung, es würden ihm beyde Hälften gleich helle aussehen; fand sich aber betrogen, weil die letztere Hälfte ihm viel weißer und heller schien. Also zeiget sich eine Sache beyden Augen nicht noch einmal so helle, als einem allein. Nach mehreren Versuchen, in welchen er das Verhältniß der Erleuchtung immer kleiner machte, fand er, daß ein Papier, welches von einem 3 Fuß entfernten Lichte erleuchtet war, und ein anderes Papier, welches sowohl von diesem Lichte in eben der Entfernung und noch dazu von einem 11 Fuß entfernten Licht beschienen wurde, jenes mit beyden Augen zugleich, und dieses mit einem allein betrachtet, gleich helle schienen; daß also ein Gegenstand mit beyden Augen gesehen um ein Dreyzehntheil heller aussieht als mit einem Auge allein. Es hält aber, wie er selbst eingesteht, schwer, mit Genauigkeit den Versuch zu machen [k]).

Er untersuchte auch, ob ein Gegenstand mit beyden Augen zugleich größer als mit einem allein aussieht; fand aber, daß er es nicht thut, es sey denn unter besondern Umständen, als bey dem Gebrauche eines Binoculartelefkops und eines Hohlspiegels [l]).

Ob man immer nur mit einem Auge sehe.

Du Tour behauptet, daß die Seele jedesmal nicht mehr als das eine Bild in einem Auge beobachtet, und bringt zur Bestätigung seiner Meynung verschiedene besondere Versuche vor. Es widerleget sich aber diese Meynung, so künstlich die Beweise derselben auch seyn mögen, hinlänglich dadurch, daß wir mit beyden Augen deutlicher als mit einem sehen, und daß wir von einer runden Sache in jenem Falle mehr als in diesem erblicken, anderer Erfahrungen zu geschweigen, welche du Tours Meynung offenbar zuwider sind [m]). Weil inzwischen in seinen Versuchen etwas ist, das einigen der Aufmerksamkeit werth scheinen möchte, so will ich ein paar der vornehmsten vom ihnen anführen. Auf einer Seite eines Stückes Pappe leimte er einen Kreis von blauen Taffend, einen Zoll groß, und auf der andern Seite gerade gegen über, einen Kreis von gelben Taffend, von eben derselben Größe. Die Pappe hielt er senkrecht vor seiner Nase, so daß er mit dem rechten Auge bloß den blauen Kreis, und mit dem linken allein den gelben sehen konnte. In dieser Lage, beyde Augen offen, schien ihm das Stück Taffend nie grün, wie es hätte aussehen müssen, wenn sich die beyden Farben mit einander vermischet hätten, sondern entweder blau oder gelb, nachdem der Eindruck von dieser oder jener Farbe in seinem Auge am lebhaftesten war. Bisweilen schien der Kreis halb blau, halb gelb, vermuthlich weil ein Theil des Kreises gegen das eine seiner Augen bequemer

 lag

k) Smith's Opticks, Remarks, p. 107. (d. d. A. S. 479.)

l) Ibid. p. 109.

m) Mem. de Par. 1743. p. 334.

lag als gegen das andere. Hieraus folgerte er, daß die Seele nicht zugleich von den beyden übereinstimmenden Puncten zweyer Bilder eine Empfindung hat n).

Weil dieser Versuch eine etwas unangenehme Stellung der Augen erfodert, so trägt dieser Gelehrte in einem folgenden Aufsatze eine andere leichtere Art vor. Er nahm zwo Scheiben Glas, einen Zoll im Durchmesser, wovon eine blau, die andere gelb war, und durch welche zusammen die Gegenstände grün aussahen. Diese Gläser befestigte er jedes in einer pappenen, inwendig angeschwärzeten, drey oder vier Zoll langen Röhre, und hielt eine derselben vor sein rechtes, die andere vor sein linkes Auge, worauf er durch sie nach einem weißen, vier bis fünf Fuß entlegenen Papiere hinsah. Dieses schien immer entweder blau oder gelb, niemals aber grün. Er führet auch an, daß, wenn man ein Prisma senkrecht bloß vor dem einen Auge hält, und mit beyden Augen nach einer Sache hinsieht, die Farben des gebrochenen Lichtes, welche auf das eine Auge fallen, sich mit dem ungebrochenen Lichte, welches das andere Auge bekömmt, nie vermischen, sondern daß die Gegenstände so aussehen, wie sie mit einem Auge allein betrachtet, aussehen würden. Bisweilen sähe man zwar den Gegenstand vermittelst gebrochenen und ungebrochenen Lichtes zugleich, es entstünde daraus aber keine Mischung der Farben o).

Endlich führet er noch in einem Anhange zu einem andern Aufsatze einen ganz leichten Versuch an, der seine Meynung entscheidend bekräftigen soll. Er ist dieser: zwey runde Löcher, 12 bis 15 Linien im Durchmesser, werden 4 bis 5 Linien von einander, in einem Blatte schwarzes Papieres p) gemachet, und das eine mit einer rothen Einfassung, das andere mit einer weißen versehen; mit diesem Blatte stellet sich jemand 4 bis 5 Fuß von einem Gegenstande von mittlerer Größe, und hält es so, daß dieser dem einem Auge in der Mitte des rothen, dem andern in der Mitte des weißen erscheint. Alsdenn wird er in beyden Kreisen niemals zugleich erscheinen, wenn gleich beyde sehr kenntlich sind; auch wird er nicht hinter dem Zwischenraume, der sie absondert, sich verbergen; sondern er wird allemal bloß in der Mitte eines Kreises allein sich erblicken lassen q).

Wirkung der Sehenerven auf einander.

Was das einfache Sehen mit beyden Augen betrifft, erinnert Dr. Hartley als merkwürdig, daß die Sehenerven am Menschen und an denen Thieren, die mit beyden Augen nach derselben Richtung hinsehen, in der sella turcica, in einem Nervenknoten (ganglion) oder gleichsam einem kleinen, ihnen besonders zugegebenen, Gehirne sich vereinigen, und daß dieserhalb die Vergesellschaftung gleichzeitiger Eindrücke

n) Memoires presentés, vol. 3. p. 514. (Daraus, daß man in gewissen Fällen nur ein Auge gebrauchet, folget nicht, daß man immer nur eines gebrauchet. Wir mögen in mehrern Fällen, wenn wir etwas recht sorgfältig von einer gewissen Seite beobachten, wenn wir Bilder in Hohl- oder Converspiegeln betrachten, uns nur eines Auges bedienen. Wenn die Augen von ungleicher Güte sind, so gebrauchet man vorzüglich das beste, wie ich selbst häufig thue. Vergl. Hall. Phys. T. 5. p. 481. K.)

o) Mem. presentés, vol. 4. p. 499.

p) Im Original, weißes. K.

q) Mem. presentés, vol. 5. p. 677.

drücke auf jeder Netzhaut desto eher und inniger bewirket werde; weswegen auch die Sehenerven weit mehr auf einander gegenseitig wirken, als es sonst in irgend einem andern Theile des Körpers geschieht. Solchergestalt mag ein Eindruck, der von einem einfachen Gegenstande in einem Auge allein gemachet ist, sich in das linke fortpflanzen, und daselbst ein fast eben so deutliches Bild, als in jenem ist, erwecken, so daß wir, wenn wir bloß mit einem Auge sehen, doch in jedem Auge ein Bild haben [r]).

Verschiedenheit bey dem Gebrauche eines und beyder Augen.

Einen besondern Gesichtsbetrug, der von dem Gebrauche beyder Augen entsteht, beobachtete Dr. Smith, und erklärete auch die Ursache davon. Es ist bekannt, saget er, daß man mit beyden Augen die Sachen heller und lebhafter sieht, als mit einem Auge, besonders wenn beyde gleich gut sind, wie jeder, der nicht kurzsichtig ist, sich leicht überzeugen kann, wenn er nach ziemlich entlegenen Gegenständen aufmerksam, erstlich mit einem Auge, und dann mit beyden hinsieht. Diese Bemerkung gab zu der Erfindung des Binocularteleskops Gelegenheit, bey dessen Gebrauch der Unterschied sich noch weit deutlicher zeiget. Außerdem aber giebt diese Art von Fernrohr zu einer sonderbaren Bemerkung Gelegenheit. In jedes Fernrohres Brennpuncte ist gewöhnlichermaßen ein Ring, in einem so groß als in dem andern, die Bilder, die daselbst entstehen, zu begränzen. Betrachtet man diese Ringe, jeden allein mit einem Auge, so scheinen sie, wegen der gleichen Augengläser, gleich groß und gleich weit vom Auge; allein mit beyden Augen zugleich, erscheinen sie größer und weiter entfernet, so wie auch die Gegenstände, die man durch sie sieht, alsdenn größer aussehen, ob sie gleich durch dieselben Ringe, wie vorhin, da man sie einzeln sah, begränzet werden.

Sonderbarer Gesichtsbetrug.

Als er diese sonderbare Erscheinung zu erklären suchte, bemerkte er eine noch seltsamere. Er hielt, mit ausgestrecktem Arme, einen Zirkel, dessen Spitzen er etwas von einander gemachet hatte, als die Entfernung seiner Augen von einander betrug, mit dem Kopfe in der Hand, die Spitzen hinauswärts, in gleicher Entfernung von seinen Augen, und ein wenig höher als den Kopf des Zirkels. Darauf richtete er seine Augen auf einen entfernten Gegenstand, der in der Linie lag, welche den Zwischenraum der Spitzen halbirete, und nahm zuerst zween Zirkel wahr, indem jeder Schenkel sich verdoppelt hatte, wovon die beyden innern einander kreuzten. So wie er aber mit seiner Hand die beyden Schenkel zusammen drückte, kamen die beyden Spitzen innern einander näher; und, so wie sie zusammenstießen, fielen die beyden innern Schenkel auch in eins, und halbirten den Winkel der beyden äußern, erschienen dabey lebhafter, dicker und länger, so daß sie von seiner Hand nach dem entferntesten Gegenstande, den er nur im Gesichte haben mochte, ja nach dem Horizonte selbst sich erstreckten. Diese Erscheinung blieb unverändert, nach welchen Gegenständen zur Seite er seine Augen richtete, und verschwand nicht, unter welchem

r) Hartley's Obſervation on Man. vol. 1. p. 207. (Die letzten Worte des Absatzes werden heißen sollen; doch in dem andern die mit einem Bilde vergesellschaftete Empfindung haben. K.)

chem Winkel er auch die Ebene der Schenkel gegen den Horizont neigete, oder auf welche andere Art, als gerade zu, er sie ansehen mochte. Eben dieses erfolgte, wenn zween gleiche Schnitte von Kork oder sonst zwo gleiche Flächen auf die Spitzen des Zirkels gestecket wurden. In der fig. 113. sind a, b die Spitzen des Zirkels, c der Kopf, d, e, die Augen des Beobachters, c f der scheinbare Schenkel, welcher den Winkel a c b halbiret.

fig. 113.

Diese Erscheinung erkläret er auf folgende Art. Wenn man die Augen, d, e, wechselsweise verschließt, so wird man finden, daß die Puncte d, a, f in einer geraden Linie, und die Puncte e, b, f, in einer andern sind, daß also die Puncte a und b sich deswegen bey dem Gegenstande f zu vereinigen scheinen, weil ihre Bilder auf dieselben Puncte der Netzhaut mit dem Gegenstande f fallen. Eben darum wird auch der scheinbare Vereinigungspunct der beyden Schenkel, wenn das Auge, während daß die Schenkel des Zirkels allmählig zusammen gedrücket werden, beständig darauf gerichtet erhalten wird, sich allmählig zu nähern scheinen; woraus auch erhellet, warum zween Puncte der Schenkel, als g und h, die von den äußersten gleich weit abstehen, dem Auge desto näher zu seyn scheinen, je näher sie nach dem Kopfe des Zirkels hin liegen [s]).

Aehnliche Erscheinung.

Dr. Jurin hielt einst ein Buch, welches von einer Lichtflamme erleuchtet ward, ziemlich nahe an sein Auge, und richtete dabey seine Augen nach der darüber jenseits liegenden Decke des Zimmers hin, wovon er einen Theil mit einem Auge, einen Theil mit dem andern, und einen Theil mit beyden Augen sehen konnte. Indem er sich an den verschiedenen Schatten, welche sie bildeten, vergnügete, sahe er mit Bewunderung den mittlern und dunkelsten Theil des Schattens in Gestalt einer Pyramide sich von selbst nach jedem Gegenstande, worauf er seine Augen richtete, erstrecken. Er beschreibt diese Erscheinung umständlich, und suchet sie zu erklären. Sie scheint mit der vom Dr. Smith beobachteten, die so eben angeführet ist, einige Aehnlichkeit zu haben [t]).

Vergrößertes Gesichtsfeld mit einem Auge.

Ein besonderes Ereigniß, in welchem sich die Wirkung des einen Auges auf das andere zeiget, erzählet Hr. Aepinus. Als er durch ein Loch in einer metallenen Platte, welches etwa $\frac{1}{10}$ Linie groß war, mit seinem linken Auge sah, so schien sowohl das Loch selbst größer, als auch das Gesichtsfeld weiter, wenn er sein rechtes Auge geschlossen erhielt, noch mehr aber, wenn er es mit der Hand bedeckete. Er fand viele Schwierigkeit, die Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers des Loches und des Gesichtsfeldes zu messen. Endlich aber fand er, daß bey einer einen halben Zoll weiten Oeffnung, da die Tafel, nach welcher er sah, 3 Fuß von seinem Auge entfernet war, der Durchmesser des Gesichtsfeldes anderthalbmal größer ward, wenn er ein Auge verschloß, als wenn er beyde offen hatte, und zweymal größer, wenn er seine Hand auf dem Auge hielt.

Diese

s) Smith's Opticks, vol. 2. p. 387. (d. d. A. S. 345. Ich habe den Versuch auf keine Weise nachmachen können, wovon die Schuld vermuthlich an meinen Augen liegen wird. K.)

t) Smith's Opticks, Remarks, p. 100.

Diese Erscheinung erklärete er daher, daß die Oeffnung des einen Auges sich erweitert, wenn das andere geschlossen ist, wiewohl er den physischen oder anatomischen Grund hievon anzugeben sich nicht getrauete. Er sieht es als eine weise Einrichtung der Vorsehung an, damit, wenn ein Auge abgeht, das Gesichtsfeld des andern erweitert werde. Daß diese Erweiterung noch merklicher wird, wenn das eine Auge mit der Hand zugehalten wird, rühret, seiner Meynung nach, daher, daß die Augenlieder nicht ganz undurchsichtig sind *). Allein die Erweiterung der Augenöffnung vergrößert das Gesichtsfeld nicht, als in dem Falle, wenn man durch ein Loch sieht, und folglich können Einäugige daher keinen Vortheil genießen. Wir sollten, ehe wir die Weisheit der Vorsehung in irgend einer Einrichtung in der Natur erheben, sicher seyn, daß wir uns in Absicht auf die Wirkungen dieser Einrichtung nicht irren.

Gassendi, le Clerc, Musschenbroek und **du Tour** haben über die Frage, wohin man den Ort eines mit beyden Augen oder mit einem gesehenen Gegenstandes setze, vieles gesagt. Ich halte es aber nicht für wichtig genug, um es hier beyzubringen. Ein jeder kann sich hierüber selbst leicht unterrichten, wenn er entweder seinen Finger vor die Augen hält, und zugleich darauf und auf einen entlegnern Gegenstand sieht, oder auch durch Zeichnungen, da man Linien, welche die Seheaxe vorstellen, in verschiedenen Entfernungen vom Auge sich kreuzen läßt. Was über diese Sache geschrieben ist, findet man in einem Aufsatze vom **du Tour**, in den Memoires presentés, vol. 3. p. 514 *).

Fünftes

*) Noui Comm. Petr. vol. 7. p. 303.

*) Ich finde noch eine Schwierigkeit darinn, daß eine Sache, welche auf der Linie liegt, die den Winkel der nach einer andern Sache gerichteten Augenaxe halbiret, nicht doppelt erscheint, da man sie doch, der Richtung der Gesichtslinien zufolge, mit dem einem Auge rechter Hand der andern Sache, und mit dem zweyten Auge linker Hand dieser Sache hin referiren müßte. Eine kleine nahe Sache müßte eine entfernte nicht verdecken können, wenn von dieser neben jener vorbey Strahlen vorbeygehen können. Zween Puncte, die jeder auf einer der nach einem dritten Puncte gerichteten Augenaxen liegen, müßten hingegen wie ein einziger erscheinen. Doch fällt mir, indem ich dieses schreibe, die vermuthlich richtige Erklärung dieser Schwierigkeit ein. Die Augenaxen sind nie so steif nach einem Gegenstande hin gerichtet, wie sie auf dem Papiere abgezeichnet werden. Die Seele richtet sie mit großer Geschwindigkeit, oft sich selbst unbewußt, bald auf diesen bald auf jenen Punct, und findet also, wie sie ihr Urtheil von der Anzahl ihrer Empfindungen abzufassen habe. Sie läßt sich nicht irre machen, wenn das Bild einer einzigen Sache auf nicht übereinstimmende Puncte in den beyden Augen fällt, zu einer Zeit, da sie die Augen vielleicht unbeweglich auf eine hinter oder vor jener gelegene Sache richtet; oder wenn alsdenn zweener verschiedener Puncte Bilder in die Seheaxen fallen.

Das bisherige geht den Fall an, wenn man sich gewöhnet hat, die Augenaxe so zu richten, daß die Puncte, welche auf der ihren Winkel halbirenden Linie liegen, sich einander verdecken. Ein anderes ist, wenn man sich gewöhnet hat, die sich verdeckenden Puncte auf der Seheaxe des einen Auges zu stellen, in welchem Falle man wirklich nur mit diesem einen Auge sieht. So geht es mir, der ich mit beyden Augen und mit dem rechten allein zween sich verdeckende Gegenstände beydemal unverrücket erblicke; wo-

Fünftes Kapitel.

Vom deutlichen und undeutlichen Sehen.

Die Lehre vom deutlichen und undeutlichen Sehen hat niemand so sorgfältig untersuchet, und so gut in allen Stücken erläutert, als Dr. Jurin in einer am Ende der Smithischen Optik befindlichen Abhandlung [a]).

Eine geringe Zerstreuung der Strahlen auf dem Netze schadet nicht.

Er zeiget, daß man Gegenstände hinlänglich deutlich sehen kann, wenn gleich die Strahlenkegel, die von den einzelnen Puncten derselben herkommen, nicht nach einzelnen Puncten auf der Netzhaut hin gebrochen werden. Alsdenn aber werde das Bild eines jeden Punctes, weil die Strahlen von demselben sich entweder schon vor der Netzhaut vereinigen, oder nach einem Puncte hinter derselben zufahren, nothwendig einen kreisförmigen Raum auf der Netzhaut einnehmen, und folglich größer seyn, als es zum vollkommen deutlich Sehen eigentlich seyn sollte. Darum wird eine jede Sache, die zu weit oder zu nahe ist, um vollkommen deutlich gesehen zu werden, größer als sie wirklich ist, erscheinen, weil aus allen den kleinen kreisförmigen Räumen, welche die Strahlenkegel von dem Umfange der Sache auf der Netzhaut einnehmen, ein Lichtrand um ihr Bild entsteht.

Vergrößert helle Sachen.

Darum sieht an dem drey- oder viertägigen Monde der erleuchtete Theil verglichen mit dem dunkeln zu breit aus. Sein Bild nimmt auf beyden Seiten einen größern Raum ein, als es beym völlig deutlichen Sehen einnehmen würde, wobey der dunkle Theil noch um den Lichtrand der innern Seite des hellen vermindert wird. Aus eben dem Grunde erscheint auch bey einer Sonnen- oder Mondsfinsterniß der helle Theil gegen den dunkeln zu breit. Daß aber diese Erscheinungen von der hier angegebenen Ursache, und nicht, wie man wohl behauptet hat, daher entstehen, daß eine helle Sache die Netzhaut in einem größern Raume rühret, als es eine dunkle thut, erweist unser Verfasser durch folgenden Versuch [b]). Man zeichne in einen Kreis eine Sichel, wie der drey- oder viertägige Mond vorstellet, und lasse solche weiß, das übrige, das den dunkeln Theil des Mondes vorstellen soll, mache man schwarz; oder man mache eine Scheibe halb weiß, halb schwarz; so wird dergleichen Figur in der gehörigen Entfernung für das vollkommene Sehen das richtige Verhältniß ihrer Theile zeigen; aber wenn man sie zu nahe vor sich hat, wird

von der nächste, sobald ich das rechte Auge schließe, nach der rechten Hand hin einen Sprung thut. Oder ich halte eine Sache vor dem rechten Auge, schließe dieses, daß ich sie bloß mit dem linken sehe, öffne denn das rechte, und thue das linke zu, so thut die Sache einen Sprung zur linken hin. Diese letztere Wahrnehmung führet Hr. v. Haller von seinen eigenen Augen auch an. Phys. T. 5. p. 482. Ein berühmter Mathematiker meldet mir von seinen Augen dasselbe, nur daß er das linke allein brauchet, als mit welchem er besser in die Ferne sieht. K.

a) Sie ist auch der deutschen Ausgabe, etwas zusammengezogen, angehängt. Man vergleiche noch mit derselben Hrn. Lamberts Photometrie S. 490 ff. K.

b) Die Empfindung einer vom Lichte gerührten Stelle der Netzhaut pflanzet sich allerdings rings um diese Stelle herum fort. S. Lambert a. a. O. S. 495. K.

wird der helle Theil in den dunkeln hineinzugehen, und sich auch auswärts über ihn zu erstrecken scheinen, und eben das wird sich zeigen, wenn ein Kurzsichtiger sie zu weit von sich entfernet, oder ein Weitsichtiger sie durch ein erhobenes Glas betrachtet. Am besten geräth der Versuch, wenn der ganze Kreis aus weißem Papiere ausgeschnitten, der dunkle Theil mit Dinte geschwärzet, und das Papier auf einen dunkeln Grund geleget wird.

Die andern Planeten, welche weit kleiner als der Mond aussehen, erscheinen, nach Jurins Bemerkung, matter, aber viel größer beym undeutlichen als beym deutlichen Sehen, und ihre Durchmesser werden in einem viel stärkern Verhältnisse, als des Mondes seiner vergrößert. Hieraus lassen sich die radii aduentitii erklären, die, wie Horrox saget, alle Astronomen vor ihm verleitet haben, die scheinbaren Durchmesser der Planeten neun- bis zehnmal zu groß zu machen.

Nähert Sterne einander.

Wegen dieser Luftränder, die von der Ausbreitung der Lichtkegel von entfernten Gegenständen auf der Netzhaut entstehen, müssen zween Sterne näher bey einander zu stehen scheinen, als sie wirklich sind, und zween sehr nahe Sterne werden nur einen einzigen auszumachen scheinen müssen; der aber heller als jeder für sich allein ist; weil ein Theil ihrer matten Bilder in eins fällt, und da, wo dies geschieht, fast zweymal so viel Licht als in den übrigen Theilen vorhanden seyn wird. so daß sie zusammen das Ansehen eines hellern, in der Mitte des von ihren Bildern eingenommenen Raumes befindlichen, Sternes haben. Eben daher kann auch ein Stern, wenn er sehr nahe an den Rand eines Planeten kömmt, innerhalb des Planeten selbst zu stehen scheinen, gleich als wenn dieser durchsichtig wäre, und der Stern durch ihn gesehen würde. Ein Stern kann auch, wenn man ihn mit einem Teleskope beobachtet, in die Mondsscheibe zu treten scheinen, wenn dieses nicht recht gut ist, oder das Auge des Beobachters nicht genau zum vollkommenen Sehen eingerichtet ist [c].

Größere Gegenstände sehen noch ziemlich deutlich in einer Entfernung aus, in welcher kleinere Gegenstände schon sehr undeutlich sind, weil jener ihre Luftränder nicht so sehr in einander laufen. Darum kann man große Schrift viel näher beym Auge lesen als eine kleine, weil bey jener die Buchstaben weiter von einander stehen, und ihre Lichtränder nicht so nahe in einander treten [d].

Diesen Bemerkungen des Dr. Jurin über die Lichtränder muß ich noch beyfügen, erstlich, was er selbst noch in der Folge anführet, daß das zerstreuete Licht nicht von gleicher Dichte ist; und zweytens, was Hr. Robins, unter seinen zwar strengen aber doch gegründeten Anmerkungen über Jurins Versuch erinnert, daß der Zerstreuungskreis der Weite der Oeffnung des Auges, nach welcher sich die Grundfläche des Lichtkegels einschränken muß, proportional ist [e].

Gränzen des deutlichen Sehens.

Die kleinste Entfernung zum vollkommenen Sehen, oder diejenige, bey welcher sich die von einem Puncte ausfahrende Strahlen wieder in einen physischen

 Punct

c) Essay, p. 125.
d) Ibid. p. 133.
e) Robin's remarks, p. 279. (Vergl. Lambert a. a. O. S. 494.)

Punct auf der Netzhaut vereinigen, setzet Dr. Jurin, aus vielen Beobachtungen, insgemein auf 5, 6 oder 7 Zoll. Die größeste Entfernung für das deutliche Sehen zu bestimmen, ward ihm schwerer; inzwischen setzet er sie, vermittelst einer Berechnung, die er auf die Figur der brechenden Flächen im Auge und auf die Größe der Brechungskräfte der Feuchtigkeiten in demselben gründet, nebst Zuziehung der Entfernung, in welcher sich zween Sterne, deren Lage gegen einander bekannt ist, noch unterscheiden lassen, in einigen Fällen auf 14 Fuß 5 Zoll, wiewohl Porterfield sie für sein eigen Auge nur zu 27 Zoll annimmt f). Woher dieser Unterschied der Angabe komme, und was sonst noch nothwendig hiebey in Betracht gezogen werden muß, wolle der Leser in der Anmerkung zum 2 Kapitel dieses Abschnittes nachsehen.

Mittel wider das undeutliche Sehen.

Dem undeutlichen Sehen wird, nach Jurins Meynung, auf zweyerley Art abgeholfen, entweder daß das Auge sein Vermögen, welches es hat, sich selbst zum Sehen auf verschiedene Entfernungen einzurichten, anwendet, oder daß die Oeffnung des Auges sich verengert, welches letztere hauptsächlich bey starkem Lichte gebrauchet wird, und bisweilen alle andere Hülfsmittel unnöthig machet. Bey einem schwachen Lichte zieht sich der Augenstern so wenig zusammen, daß er vielmehr sich erweitern muß, um mehr Licht hinein zu lassen g). Allein hingegen bemerket Dr. Whytt, daß bey gleicher oder gar geringerer Erleuchtung, der Augenstern sich zusammenziehen wird, um eine nähere oder kleinere Sache zu betrachten. Man lasse jemanden, saget er, mit dem Rücken gegen das Licht gewandt, zuerst eine lebhaft gefärbte Sache in einer Entfernung von 3 bis 4 Fuß betrachten, und hernach in einer Weite von einem Fuß eine dunkle Sache, so wird man sehen, daß bey der letztern der Augenstern sich merklich zusammenzieht, ungeachtet das Auge in diesem Falle weniger Licht zugeschickt bekömmt, als in dem ersten h).

Kleinster Sehewinkel.

In dem letzten Theile seiner Abhandlung untersuchet Dr. Jurin die Streitfrage zwischen Dr. Hooke und Hevel über den kleinsten empfindbaren Winkel. Dr. Hooke behauptete, daß kein Gegenstand wohl sichtbar wäre, wenn er unter einem kleinern Winkel als einer Minute ins Auge fällt, und ein Versuch vom Smith bestätiget dieses in dem Falle, da der Gegenstand ein runder schwarzer Flecken auf weißem Grunde, oder ein weißer auf schwarzem Grunde ist. Daraus berechnet letzterer, daß der Durchmesser des Bildes eines solchen kleinsten sichtbaren Punctes auf der Netzhaut der 8000ste Theil eines Zolles ist, und nennt daher ein solches Theilchen einen empfindlichen Punct auf der Netzhaut i). Courtivron hingegen folgert

f) Essay, p. 134. (Porterfield sahe bey den Versuchen, woraus er dieses bestimmte, durch einen schmalen Einschnitt in einer Platte. Es mag aber auf das Vermögen, das Auge nach verschiedenen Entfernungen zu richten, einen beträchtlichen Einfluß haben, wenn man das Auge nicht so frey wie gewöhnlich brauchen und die Entfernungen nicht schätzen kann. K.)

g) Essay, p. 145.

h) On vital and involuntary motions, p. 133.

i) Smith's Opticks, vol. 1. p. 31. (d. d. A. S. 29.)

folgert aus seinen Versuchen, daß der kleinste empfindbare Gesichtswinkel nur 40 Secunden beträgt [k]).

Dr. Jurin erinnert, daß es hiebey auch auf die Stärke des Lichtes ankomme, da man einen Stern, der durch ein Fernrohr bloß wie ein heller Punct erscheint, und keinen Winkel von einer Secunde am Auge machet, ganz wohl sieht, ungeachtet ein weißer oder schwarzer Flecken von 25 bis 30 Secunden nicht empfunden werden kann. Auch kann man einen Strich von gleicher Breite mit einem kreisrunden Tüpfelchen noch sehen, wenn in eben der Entfernung das Tüpfelchen unempfindbar ist, weil die Stärke des Eindruckes von jenem größer als von diesem ist, weswegen auch ein längerer Strich auf eine größere Weite sichtbar bleibt, als ein kürzerer von eben derselben Breite. Durch Erfahrung fand er, daß ein Silberdrath unter einem Gesichtswinkel von $3\frac{1}{2}$ Secunden, und ein seidener Faden unter einem von $2\frac{1}{2}$ Secunden noch gesehen werden konnte.

Daß ein Strich auf eine größere Weite sichtbar ist, als ein Tüpfelchen von derselben Breite, dieses scheint, so lange man innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens bleibt, bloß von der mehrern Stärke des Eindruckes von jenem herzurühren; allein außerhalb dieser Gränzen, saget unser Verfasser, kömmt noch ein Umstand hinzu, der den Unterschied der Empfindbarkeit sehr vergrößert. Denn das matte Bild jedes Punctes des Striches fällt alsdenn zum Theil in das matte Bild des nächsten Punctes, und vermehret folglich dessen Erleuchtung beträchtlich [l]).

Noch eine Ursache des undeutlichen Sehens.

In einigen Fällen liegt, wie unser genauer Beobachter fand, die Ursache des undeutlichen Sehens in der Unstandhaftigkeit des Auges. Wir sind z. E. wohl im Stande, einen einzelnen schwarzen Strich auf weißem Grunde, oder einen einzelnen weißen Strich, auf schwarzem Grunde, aber nicht einen weißen Strich zwischen zwo schwarzen auf weißem Grunde zu erkennen. Denn wenn in den beyden ersten Fällen das Auge sich ein ganz weniges beweget, so wird daraus nichts anders entstehen, als daß das Bild des Gegenstandes auf einen andern Theil der Netzhaut fällt; wohin es aber auch fällt, wird nur ein einziges, mit keinem andern vermischtes Bild vorhanden seyn. Betrachtet man aber den weißen Raum zwischen zwo parallelen Strichen, so wird bey einer noch so kleinen Bewegung des Auges, das Bild des einen oder des andern dieser Striche auf die Stelle der Netzhaut rücken, auf welcher vorher das Bild des weißen Striches lag; folglich wird dies eine solche Verwirrung im Sehen verursachen, daß der weiße Strich nicht deutlich erkannt, und von den schwarzen unterschieden wird, indem diese wechselsweise die Stelle des Bildes des weißen Striches einnehmen, woraus der Anschein eines einzigen breiten schwarzen Striches entsteht, ohne daß man einen weißen Zwischenraum wahrnehmen könnte [m]).

k) Hist. de l'Ac. de Par. 1752, p. 200.

l) Essay, p. 149.

m) Die Bewegung des Auges machet, daß eine Stelle der Netzhaut den Eindruck eines Bildes bekömmt, wenn noch der Eindruck von dem den Augenblick vorher darauf gewesenen dauert. Lambert a. ang. O. S. 496. K.

Da er eben diesen Versuch mit zwo Stecknadeln machte, deren Dicke er gemessen hatte, und die er in einem Fenster, gegen das Tageslicht, aufstellete, so weit von einander, als die Breite einer von ihnen betrug, so fand er, daß der Zwischenraum beyder sich nicht wohl mehr erkennen ließ, wenn er unter einem kleinern Winkel als 40 Sec. ins Auge fiel, wiewohl jede der beyden Stecknadeln allein unter einem viel kleinern Winkel noch zu erkennen war. Hieraus aber folget nicht, daß das Auge einem Fehler von 40 Sec. bey Schätzung der Weite zwoer Stifte unterworfen sey, wenn sie viel weiter von einander stehen. Denn wenn ihre Entfernung eine Minute beträgt, und jeder am Auge den wohl erkenntlichen Winkel von 4 Sec. machet, so kann das Auge die Stelle jedes Stiftes höchstens auf zwo Secunden, und also den Winkel zwischen beyden Stiften höchstens auf 4 Sec. irrig schätzen, woferne sonst das Werkzeug genau genug ist. Und doch gründete sich auf einen solchen Fehlschluß Hookes vornehmster Einwurf gegen die Richtigkeit der hevelischen Beobachtungen.

Ein schwarzes Tüpfelchen auf weißem Grunde, oder ein weißes auf schwarzem Grunde, läßt sich gewöhnlich nicht wohl mehr erkennen, wenn es einen kleinern Winkel als den von einer Minute am Auge machet. Machet man auf einem weißen Papiere zwey schwarze Tüpfelchen so weit von einander, als die Breite des einen beträget, so läßt sich dieser Zwischenraum, selbst innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens, nicht erkennen, wenn der Gesichtswinkel so klein ist, als derjenige, unter welchem ein einzelnes Tüpfelchen von derselben Größe sich noch erkennen läßt. Er muß größer als eine Minute seyn. Genaue Versuche lassen sich hierüber, innerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens, nicht anstellen, weil die Gegenstände gar zu klein seyn müßten: aus groben Versuchen, die er mit viereckigten Stücken weißes Papiers auf schwarzem Grunde, machte, erhellete inzwischen so viel, daß der kleinste Winkel, unter welchem der Zwischenraum der beyden Gegenstände zu erkennen steht, wenigstens um den vierten Theil größer ist, als der kleinste Winkel, unter welchem die Gegenstände, jeder einzeln, zu empfinden wären. Ein Auge, das eine einzelne Sache unter keinem kleinern Winkel, als einer Minute erkennen kann, wird den Zwischenraum zwo solcher Sachen nicht erkennen können, wenn er weniger als 75 Sec. beträgt.

Außerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens wird die Entfernung, auf welche eine einzelne Sache empfindbar bleibt, viel größer gegen diejenige werden, in welcher ein gleich großer Zwischenraum zwoer solcher Sachen erkennbar ist. Denn alsdenn werden die Zerstreuungsräume zwoer naher Sachen in den Raum zwischen ihnen einrücken, und diesen undeutlich machen; aber einer einzelnen Sache Bild wird durch den Zerstreuungsraum größer werden, und die Sache daher erkenntlicher machen, wenn es anders nicht zu matt ist [n]).

Aus diesen Gründen erkläret er auch das **Blinkern** der Sterne, wodurch ihr Licht nach verschiedenen Gegenden hin zu gleicher Zeit zu schießen scheint [o]).

Tobias

n) Essay, p. 151. o) Essay, p. 159.

Mayers Versuche über den kleinsten Sehewinkel.

Tobias Mayer machte verschiedene Versuche, den kleinsten Sehewinkel unter allerhand Umständen zu bestimmen. Zuerst beobachtete er die Entfernung, in welcher ein schwarzer Flecken auf sehr weißem Papiere unkenntlich zu werden anfieng, und schloß, aus mehrern Versuchen ein Mittel genommen, daß der kleinste Sehewinkel 34 Secunden beträgt. Schwarze Striche mit Zwischenräumen von größerer Breite als sie selbst hatten, waren auf größere Weiten kenntlich, als wenn die Zwischenräume so breit als die Striche selbst waren. Uebrigens blieb der kleinste Sehewinkel einerley, er mochte die Sachen an einem schattichten Orte oder in dem stärksten Sonnenlichte betrachten. Wenn aber die Erleuchtung schwach war, so ereignete sich zwar mehrere Ungleichheit an den Sehewinkeln, aber doch lange nicht nach dem Verhältnisse der Erleuchtungen. Denn wenn eine Sache bey einem gewissen Grade von Erleuchtung in einer Entfernung von 9 Fuß unkenntlich ward, so konnte eben diese Sache, bey einer 169 mal kleinern Erleuchtung in einer Entfernung von 4 Fuß eben so gut gesehen werden. Aus seinen Versuchen folgerte er, daß das gewöhnliche Tageslicht insgemein so viel erleuchtet, als 25 Lichter in der Entfernung eines Fußes von der Sache p).

Undeutliche Erscheinung des Lichtes durch eine schmale Oeffnung.

Einen gewissen Fall des undeutlichen Sehens zu erklären, machet Dr. Jurin eine, wiewohl unglückliche, Anwendung der Newtonianischen Hypothese von den Anwandlungen des leichtern Durch- und Zurückgehens. De la Hire hatte zuerst den Versuch gemacht, den unser Verfasser auf folgende bessere Art vornahm. Man halte ein Parallellineal, nicht weit geöffnet, gerade vor das Auge, so daß man das Tageslicht dadurch sehen kann, so wird der Zwischenraum in der kleinsten Entfernung zum deutlichen Sehen, wie ein einziger heller Strich sich zeigen. Bringt man aber das Parallellineal näher ans Auge, so wird der Zwischenraum doppelt, wie zwo helle Striche mit einem dunkeln dazwischen erscheinen, und mit Veränderung der Oeffnung oder der Entfernung wird man nicht allein mehrere helle und dunkele Striche eins um das andere, sondern so viel wahrnehmen, daß man sie nicht zählen kann, besonders wenn man durch die Oeffnung nach einer Lichtflamme sieht. Eben die Erscheinungen kann man auch für allzugroße Entfernungen haben, wenn das Parallellineal in ein Fenster gestellet, und gegen das Tageslicht, vom Kurzsichtigen mit bloßen Augen, vom Weitsichtigen durch ein erhabenes Glas betrachtet wird q).

Dieses Ereigniß, und andere demselben ähnliche, welche Jurin noch anführet, erkläret Robins daher, daß der Theil des Auges, welcher bey der Bemühung, außerhalb der Gränzen des deutlichen Sehens, Deutlichkeit zu erhalten, nach dieser oder jener Seite hin sehr gespannet ist, runzelicht oder ungleich auf seiner Oberfläche wird r). Wenn Jurins Erklärung des Versuches mit dem Parallellineale richtig wäre, so würde, saget er, folgen, daß die Sterne nicht mit Lichtspitzen, sondern

p) Comm. Gotting. vol. 4. p. 97. (Mayer folgerte das zuletzt angeführte aus einer durch die Erfahrung bestätigten Voraussetzung, daß der kleinste Sehewinkel sich wie die Cubicwurzel aus den Entfernungen des Lichtes von der Sache verhalte. K.)

q) Essay, p. 156.

r) Robins tracts, vol. 2. p. 280.

sondern mit concentrischen Lichtkreisen umgeben zu seyn scheinen müßten, wie der helle Strich mit parallelen Linien. Ein sehr kleines Nadelloch in einem Stücke Papier, das man gegen das Licht, zuerst in einer Entfernung vom Auge, in der man es deutlich sieht, und darauf immer näher hält, wird, saget er, sobald es seine Deutlichkeit verliert, Strahlen wie ein Stern zu schießen, aber nicht mit hellen Kreisen umgeben zu seyn scheinen. Wenn man, fährt er fort, auf alle Umstände bey diesem Versuche wohl Acht giebt, so wird man daraus die hellen Striche in dem andern Versuche erklären können; indem in den meisten dieser Strahlen, wo nicht in allen, ein lichter Flecken sich zeigen wird, so daß, wenn man in das Papier durch das Loch einen Einschnitt, von der Breite des Loches machet, jeder dieser Flecken ein lichter, mit dem Einschnitte paralleler Strich, werden wird [s]).

Erscheinungen einer hellen Fläche mit dunkelm Rande.

Zum Schlusse seiner Abhandlung erzählet Dr. Jurin, was sich ereignet, wenn man eine helle, von einer dunkeln umgebene Fläche aufmerksam betrachtet, als wobey bisweilen ein heller Rand innerhalb des dunkeln, und ein dunkeler Rand innerhalb des hellen erscheinen wird. Dieses erkläret er daher, daß der Eindruck des Lichtes auf der Netzhaut noch einige Zeit, nachdem er schon vorbey ist, fortdauert, wie man z. E. erfährt, wenn man in die Sonne gesehen hat. Denn bey dem geringsten unvermeidlichen Wanken des Hauptes wird die Stelle der Netzhaut, auf welche vorher die dunklen und matten Striche [t]) außerhalb des Bildes fielen, von dem Lichte des hellen Theils einen Eindruck bekommen, und dieser plötzliche Uebergang vom Dunkeln zum Hellen wird darauf eine lebhaftere Empfindung des Lichtes verursachen, als der übrige Theil der Netzhaut hat, der die ganze Zeit zuvor von dem Lichte des weißen Papieres gerühret gewesen ist: das ist, die helle Fläche wird mit einem noch hellern Rande umgeben zu seyn scheinen. Wenn sich nun das Auge ein wenig zur Seite drehet, um diesen hellen Rand besser zu betrachten, so wird eine Stelle der Netzhaut, auf welche vorher das Bild eines Theils der schwarzen Fläche fiel, nunmehr von dem Lichte der weißen Fläche gerühret, und weil sie noch dunkler als jene erstere gewesen war, so ist die Empfindung des Lichtes darauf noch stärker als dort, das ist, der helle Rand wird noch breiter und heller als zuvor [u]).

Etwas von der Oeffnung des Auges.

Daß uns eine Sache lebhafter erscheint, wenn die Oeffnung des Auges grösser ist, erhellet daher, weil alsdenn mehr Licht ins Auge fällt; wir sehen aber am deutlichsten, wenn die Oeffnung klein ist, weil alsdenn der Zerstreuungskreis kleiner gemacht wird [v]); und weil, wie Dr. Porterfield noch hinzufüget, alles fremde Licht desto mehr ausgeschlossen, und das Auge einer Camera obscura desto ähnlicher gemacht wird [w]). Man könnte auch noch hinzusetzen, daß die Abweichung wegen der

s) Ibid. p. 296.

t) Dies sind die von dem Zerstreuungsraume herrührenden, weil Jurin die Fläche zu nahe ans Auge für das deutliche Sehen hielte. K.

u) Essay, p. 170.

v) Dies hat aber bloß bey schlechten Augen statt, die kein Vermögen haben, sich auf verschiedene Entfernungen zum deutlichen Sehen einzurichten.

w) On the eye, vol. 2. p. 176.

der Gestalt der brechenden Flächen im Auge dadurch vermindert werden mag, wie man in Fernröhren durch die Verengerung der Oeffnung das Bild weniger helle aber desto deutlicher machet *).

Paulus Aegineta, Honoratus Faber, Gassendi und alle alte Aerzte glaubten, daß die Verengerung der Augenöffnung die scheinbare Größe der Sachen vermindere. Dieses ist aber den Gesetzen der Optik zuwider, und auch gegen die Erfahrung bey Fernröhren, in welchen die Vergrößerungskraft von der Verminderung der Oeffnung nichts leidet.

Vervielfachte Erscheinung einer einzelnen Sache.

Einige Ereignisse des deutlichen und undeutlichen Sehens betreffend, hat Hr. J. de la Motte, ein Arzt in Danzig, wohl aus einander gesetzet, bey Gelegenheit, da er einen oben nach Scheinern angeführten Versuch nachmachen wollte, wobey er fand, daß ein entfernter Gegenstand vielfach erscheint, wenn man ihn durch zwey oder mehrere Löcher betrachtet, die mit einer Nadel in ein Kartenblatt, nicht weiter von einander, als die Weite der Oeffnung des Auges beträgt, gestochen sind. Es wollte ihm, aller Bemühung ungeachtet, der Versuch nicht gelingen; als ein Freund, der ihn zu besuchen kam, auf sein Verlangen die Probe machete, und sie diesem vollkommen gelang. Sein Freund war kurzsichtig, er aber nicht. Als er demselben ein Hohlglas gab, das er hart an das Kartenblatt halten mußte, erschien der Gegenstand nur einfach. Durch diese Bemerkungen fand sich de la Motte im Stande die Sache völlig ins Licht zu setzen.

Wenn die Sache so weit entfernet, und das Auge so beschaffen ist, daß es ohne alle Anstrengung die zusammengehörenden Strahlen auf einem Puncte der Netzhaut vereiniget, so wird die Sache nie anders als einfach erscheinen, durch wie viel Löcher man auch sie betrachtet. Die Theile des Kartenblattes, welche das Licht auffangen, werden die Menge der in jedem Lichtkegel enthaltenen Strahlen nur vermindern, und die Sache wird weniger helle scheinen. Ist aber das Auge genöthiget, seine Gestalt zu ändern, um Deutlichkeit zu erhalten, so giebt die Dazwischenkunft des Kartenblattes, indem man dadurch zu einem andern Begriffe oder einer andern Schätzung der Entfernung verleitet wird, dem Auge seine ihm natürliche Einrichtung wieder, und alsdenn werden die von einem Puncte kommenden Lichtstrahlen, welche durch die verschiedenen Löcher fallen, entweder erst hinter der Netzhaut sich vereinigen wollen, oder thun dieses schon, ehe sie die Netzhaut erreichen. In beyden Fällen wird es so viel von einander unterschiedene Eindrücke geben, als Löcher in dem Blatte sind, mit dem Unterschiede, daß in dem ersten Falle die Bedeckung eines Loches rechter Hand ein zur rechten liegendes Bild verschwinden machen wird: dagegen in dem andern Falle auf die Bedeckung eines Loches rechter Hand ein zur linken liegendes Bild wegfallen wird, weil die Strahlen sich ehe sie die Netzhaut erreichten, kreuzen. Dieses ist so leicht zu begreifen, daß ich

*) Sehr genaue Untersuchungen über das Verhältniß der Oeffnung des Auges und der Helligkeit des einfallenden Lichtes findet man in der Lambertischen Photometrie, S. 368 ff. K.

ich es nicht für nöthig finde, es durch eine Figur zu erklären. Wer aber vielerley Fälle hievon durch Zeichnungen erläutert zu sehen wünschet, kann sie in dem Aufsatze, woraus vorstehendes genommen ist, antreffen y).

Undeutlichkeit, wenn die Strahlenkegel zu dünne sind.

Es ist noch ein merkwürdiger Fall des undeutlichen Sehens übrig, wenn die Strahlenkegel, welche das Bild einer Sache machen, sehr dünne sind. Es muß dieses von einem besondern Umstande in dem Baue des Auges herrühren, weil es just das Gegentheil von dem ist, was man in diesem Falle erwarten sollte. Das Ereigniß ist, wie ich höre, nicht unbekannt; da ich aber in den Büchern, die durch meine Hände gegangen sind, nichts davon angetroffen habe, so ersuchte ich meinen Freund, Hrn. Michell, der mir davon Nachricht gab, mich davon näher zu belehren. Folgendes hat er mir mitgetheilet.

Die beste Art, den Versuch anzustellen, scheint zu seyn, daß man die Oeffnung eines Fernrohres vermindert, weil dadurch die Strahlenkegel sehr dünne gemachet werden können, ohne daß man befürchten darf, wegen der anziehenden Kraft der Seiten des Loches, wodurch die Strahlenkegel zusammen gezogen werden möchten, in Irrthum zu gerathen. Aus den Versuchen, die er damals zu machen im Stande war, (wobey er statt des Gegenstandes ein Kartenblatt mit kreisrunden und dreyeckichten Löchern nahm, welches er nahe an eine Lichtflamme, zwischen diese und seinem Auge stellete, so daß die Flamme dem Scheine nach das Loch ausfüllete) fand er, daß das Bild ziemlich merklich undeutlich war, wenn der Strahlenkegel nur ein Hunderttheil eines Zolles im Durchmesser hielte; daß es aber, wenn dieser Durchmesser nur ein Tausendtheil eines Zolles betrug, so sehr undeutlich ward, daß er nicht mit Sicherheit ein kleines dreyeckichtes Loch von einem kreisrunden zu unterscheiden im Stande war. War der Strahlenkegel ohne die Karte, ein Zweytausendtheil eines Zolles stark, so konnte er von der ganzen Gestalt der Lichtflamme nur einige schwache Spuren mit genauer Noth unterscheiden.

Als er die Sonne, welche wegen ihres Glanzes hiezu weit schicklicher ist, als eine Lichtflamme, auf diese Art betrachtete, und der Strahlenkegel nur ein Zweytausendtheil eines Zolles etwa im Durchmesser hielte, so schien sie ihn eben so undeutlich als die Lichtflamme es gethan hatte. Er konnte zwar eben noch unterscheiden, wo das Bild der Sonne wäre, es war aber ganz außerordentlich undeutlich und übel abgeschnitten, wiewohl bey allem dem die Helligkeit der Sonne noch größer als die Helligkeit des Mondes mit bloßen Augen gesehen war, und dieses etwa in dem Verhältnisse von zwey zu eins (wenn man die Oeffnung des Auges beym Anschauen des Mondes auf $\frac{1}{8}$ Zoll setzet) und noch immer wenigstens hundertmal größer blieb, als die Helligkeit ihres Bildes, wenn man sie durch ein Helioskop betrachtet, wo sie doch sehr schön und wohl abgeschnitten erscheint.

Er versuchte es auch mit einer dreyeckichten Strahlenpyramide, deren Durchschnitt etwa noch einmal so groß als des Strahlenkegels vorher war. Auf solche Art

y) Versuche und Abhandlungen der Gesellschaft in Danzig, B. 2. S. 290. (Muschenbr. introd. vol. 2. p. 769.)

Art erschien die Sonne wenig oder gar nichts deutlicher; er bemerkete aber nichts von dem Strahlenschießen, das er vorher an den Puncten des Loches wahrgenommen hatte, sondern die Winkel waren vielmehr abgestumpft.

Wiewohl diese Art von Undeutlichkeit in diesen Versuchen nicht eher merklich ward, als bis der Strahlenkegel nur etwa $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmesser noch hielte, so möchte sie doch wohl, wie Hr. Michell stark muthmaßet, schon einzutreten anfangen, wenn der Strahlenkegel kleiner als $\frac{1}{30}$ Zoll groß ist. Er glaubet, daß man bey der Verstärkung der Vergrößerungskraft der Fernröhre, wenn gleich die Helligkeit noch hinlänglich groß gelassen wird, wenig oder gar nichts gewinne, wofern der Strahlenkegel unter der eben erwähnten Dicke vermindert wird. Doch war das von ihm gebrauchte Fernrohr keines der deutlichsten, wenn ihm auch die volle Oeffnung gelassen ward z).

Sechstes Kapitel.

Von der scheinbaren Stelle, Entfernung, Größe und Bewegung der Gegenstände.

Scheinbare Stelle einer durch convergirende Strahlen gesehenen Sache.

Meine Leser werden ohne Zweifel zu erfahren wünschen, wie es Dr. **Barrows** Hypothese von dem scheinbaren Orte der Gegenstände, und der Schwierigkeit, die er selbst dagegen erregete, unter den Händen anderer Naturforscher gegangen ist.

Der erste, welcher sich sehr damit beschäfftigte, war der sinnreiche Dr. **Berkley**, Bischoff zu Cloyne, der sich durch seine Einwürfe gegen das wirkliche Daseyn einer materiellen Welt, und gegen Newtons Lehre von den Fluxionen bekannt gemachet hat. In seinem **Versuche einer neuen Theorie des Sehens** bemerket er, daß die durch den Zerstreuungskreis der Strahlen auf der Netzhaut verursachte Undeutlichkeit dieselbe ist, es mögen die Strahlen sich disseits der Netzhaut schon vereiniget haben, oder sich erst jenseits derselben vereinigen wollen; deswegen werde in beyden Fällen das Urtheil von der Entfernung einerley seyn, ohne daß die Stelle, woher die Strahlen ursprünglich kommen, dabey in Betrachtung gezogen würde;

z) Es hätte hierbey mehrerer Deutlichkeit willen die Einrichtung des gebrauchten Fernrohres angezeiget werden müssen. Die Dicke der Strahlencylinder, welche das Objectivglas erhält, und das Ocular aussendet, verhalten sich wie die Brennweiten jenes und dieses. Allerdings muß die Einrichtung eines Fernrohres so gemachet werden, daß die Strahlencylinder, welche das Auge erhält, nicht kleiner im Durchmesser werden, als die Oeffnung des Auges, weil man sonst an der Helligkeit verliert. — In Hrn. Michells Versuchen mögen die Strahlen von dem Umfange der Sonne zu nahe an dem Rande des Oculars durchgegangen seyn, weil wegen der sehr verminderten Oeffnung des Objectivs ein Theil der Strahlen von dem Umfange der Sonne, die sonst weiter von dem Rande des Oculars durchgegangen wären, aufgefangen ist. Ist nun das Fernrohr, und besonders das Ocular, ohnedem nicht recht gut gewesen, so darf man sich über die Undeutlichkeit nicht wundern. K.

und da in diesem Falle, so wie man von dem Linsenglase sich entfernet, die Undeutlichkeit, die allemal bey einem zu nahen Gegenstande sich äußert, größer werde, so werde man urtheilen, daß der Gegenstand näher herrücke [a]).

Smiths Grundsatz von der scheinbaren Entfernung und Größe.

Hingegen erinnert Dr. Smith, daß solchergestalt die Sache immer in einer geringern Entfernung vom Auge zu seyn scheinen müßte, als diejenige ist, in welcher man Gegenstände deutlich sieht, welches sich aber nicht so verhalte; und nimmt zur Erklärung sowohl dieses Falles als aller anderer, wobey eine Schätzung der Entfernung vorkömmt, an, daß wir von der Entfernung bloß, oder hauptsächlich, nach der scheinbaren Größe der Sache urtheilen, weswegen in diesem Falle, da das Bild größer wird, je weiter man sich von dem Glase entfernet, durch welches man die Sache betrachtet, diese uns näher zu kommen scheine. Er bemühet sich auch zu beweisen, daß man allemal, wenn man ein Glas gebrauchet, nach dieser einfachen Regel die Entfernung schätze; und folgert daraus überhaupt, daß die scheinbare Entfernung einer durch ein Glas gesehenen Sache, sich zu ihrer scheinbaren Entfernung für das bloße Auge verhalte, wie ihre scheinbare Größe für das bloße Auge, zu der scheinbaren Größe durch das Glas [b]).

Widerlegung.

Daß wir aber von der Entfernung nicht bloß nach dem Sehewinkel urtheilen, ist eine schon vom Alhazen gemachte Anmerkung, der einige Beyspiele anführet, in welchen zwar die Sehewinkel verschieden sind, und die scheinbaren Größen dennoch von jedem und augenblicklich für nicht unterschieden erkläret werden [c]). Auch zeiget Hr. Robins ganz deutlich, daß Smiths Hypothese der Erfahrung in den gemeinsten und einfachsten Fällen widerspreche. Bey Mikroskopen, saget er, kann das Auge unmöglich die Sache so vielmal näher halten, als sie vergrößert wird, weil bey starken Vergrößerungen die Entfernung so groß ausfallen müßte, daß man gar keinen Begriff davon haben könnte, weil man die Sache nie so nahe ans Auge bringen kann. Ueberhaupt, saget er, werde, wie er glaube, ein jeder, der eine Sache durch ein erhabenes Glas, und darauf sie selbst ohne Glas betrachte, sie in dem letztern Falle für näher halten, ob sie gleich durch das Glas vergrößert wird; und wenn man eben dieses mit einem Hohlglase versuche, werde die Sache zwar durch das Glas kleiner, aber zugleich näher als ohne das Glas scheinen.

Was aber den stärksten Beweis abgiebt, daß die scheinbare Entfernung des Bildes sich nicht nach dessen scheinbarer Größe richtet, ist folgender Versuch. Man halte vor einem auf beyden Seiten erhabenen Glase einen leuchtenden Gegenstand, als eine Lichtflamme, so wird man zwey Bilder, ein aufrechtes und ein umgekehrtes sehen, das erste durch die Zurückstrahlung von der Vorderfläche, und das zweyte durch

a) Essay on vision, p. 30. (Die Undeutlichkeit einer mittelst convergirender Strahlen durch ein Convexglas gesehenen Sache läßt sich auch mit der Undeutlichkeit der durch einen Nebel gesehenen Dinge vergleichen. So erscheint mir ein etwas entlegenes Haus oder eine Lichtflamme, wenn ich das Auge nahe an das Glas halte, als wenn ich sie fast in ihrer wahren Entfernung durch einen Nebel sähe. K.)

b) Opticks, vol. 1, p. 52. (d. d. Ausg. S. 48. und 404.)

c) Robin's Tracts, vol. 2. p. 247. Alhazen, L. 2. nr. 36.

durch die Zurückstrahlung von der Hinterfläche, vor und nach welcher die Strahlen von der Vorderfläche gebrochen werden. Hat dieses Glas eine nicht gar zu kurze Brennweite, so wird das umgekehrte Bild, wenn das Glas nahe an den Gegenstand gehalten wird, größer und auch näher als das aufrechte scheinen; wird aber das Glas von dem Gegenstande entfernet, und das Auge bleibt gleich dem Glase so nahe wie vorher, so wird das umgekehrte Bild so viel schneller als das andere abnehmen, daß es zuletzt viel kleiner, aber doch näher als dieses erscheinen wird. Hier werden, saget Robins, zwey Bilder einer und derselben Sache zu gleicher Zeit gesehen, und ihre scheinbaren Entfernungen werden unmittelbar mit einander verglichen; und man sieht dabey offenbar ein, daß diese Entfernungen mit ihrer scheinbaren Größe gar nichts zu thun haben. Dabey zeiget er noch, wie man diesen Versuch auf eine noch überzeugendere Art anstellen könne, wenn man nämlich ein Stück Papier mitten auf dem Glase befestiget, und es durch eine kurze Röhre betrachtet [d]).

Weil ich nicht Lust habe, mich bey irrigen physikalischen Grundsätzen aufzuhalten, so lasse ich die verschiedenen Beweise, womit Smith seine Meynung unterstützen will, und **Robins** Widerlegungen derselben weg. Worinn Dr. Smith sich nicht hat finden können, mag nach **Robins** vermuthlich dieses gewesen seyn, daß die scheinbare Größe sehr entfernter Gegenstände, weder von der Größe des Sehewinkels allein abhängt, noch durch das richtige Verhältniß dieses Winkels zu der wahren Entfernung bestimmet wird, sondern auch unter dem Einflusse eines Fehlschlusses in Absicht auf diese Entfernung steht; so daß, wenn wir keinen Unterschied in der Entfernung der Gegenstände uns einbildeten, jeder nach dem Verhältnisse seines Sehewinkels groß aussehen würde; und daß, wenn wir allemal von der Entfernung richtig urtheilten, unsere Vorstellung ihrer Größe in allen Entfernungen einerley bleiben würde; daß aber, so wie wir in der Schätzung der Entfernung irren, ein größerer Winkel die Vorstellung einer größern Ausdehnung erreget. Weil Dr. Smith auf die Vereinigung dieser Umstände nicht Acht gegeben, so hat er bisweilen die scheinbare Größe dem Sehewinkel allein, bald diesem Sehewinkel, verglichen mit der Entfernung, proportional gesetzet, und ist also mit sich selbst nicht übereinstimmig geblieben [e]).

Auch

d) Ibid. vol. 2. p. 230.

e) Robin's Tracts, vol. 2. p. 251. (Es kömmt bey dem Urtheile von der scheinbaren Größe sehr viel auf die Vergesellschaftung der Begriffe, und auch auf einen Contrast derselben an. Sehe ich eine Sache oder ihr Bild in einem gewissen Anscheine, der mir andere ähnliche Erfahrungen in Gedanken bringt, so werde ich die Sache darnach entfernt und groß schätzen. Hat man eine gewisse Sache, ein Dintefaß, ein Trinkglas, eine Bouteille lange gebrauchet, und nimmt nachher ein größeres Stück dieser Art, so wird dieses Anfangs sehr groß, hernach allmählig kleiner scheinen, und gleichsam einschrumpfen. So ist es mir oft gegangen. Kindern kommen entfernte Sachen kleiner vor, als Erwachsenen. Unsere Begriffe von der scheinbaren Größe sind also sehr relativ, veränderlich, vermuthlich bey keinem Menschen unter sonst gleichen Umständen einerley. Wir haben uns, jeder auf seine eigene Art, durch Uebung eine Menge sinnlicher Vorstellungen von der Größe erworben, die mit der wahren Größe nichts zu thun haben, so wenig als Worte mit den dadurch

bezeichneten

Auch **Montucla**, dem Robins Schriften nicht bekannt geworden zu seyn scheinen, erkläret sich gegen Dr. **Smiths** Hypothese von der scheinbaren Größe der Entfernung, und machet einige hieher gehörige Anmerkungen, die wohl verdienen angeführet zu werden.

Er glaubet gegen Smith und andere Optiker beweisen zu können, daß, wie schon nach Robins angeführet ist, eine Sache durch ein erhabenes Glas weiter entfernet zu seyn scheint, als mit bloßen Augen. Man lege ein solches Glas auf beschriebenem Papiere oder sonst einer Sache, so wird diese, wenn man das Glas davon wegrücket, so wie sie größer wird, weiter sich zu entfernen scheinen. Ist dieses nicht genug, so schlägt er folgenden Versuch vor, wodurch er manche zu seiner Meynung gebracht zu haben versichert. Er ließ sie durch ein Converglas auf den Rand eines Tisches heruntersehen, und sagte, sie möchten mit dem Finger den Rand zu berühren suchen; es war aber keiner, der nicht zu weit herunter gefahren wäre, da sie doch zu hoch getroffen haben würden, wenn sie den Rand näher als vorher gehalten hätten.

In der Erfahrung, welche **Barrow** anführet, die Unrichtigkeit der Meynung zu beweisen, daß der scheinbare Ort des Bildes eines Punctes in dem Durchschnitte des gebrochenen Strahles mit dem Perpendikel von dem Puncte auf die brechende Fläche seyn sollte, glaubet **Montucla** auch einen Grund wider Smiths Hypothese zu finden. Denn nach derselben müßte jeder Theil eines senkrecht ins Wasser gehaltenen Stabes, den man schief ansieht, desto kleiner lassen, je tiefer er liegt; folglich müßte er jenseits der senkrechten Linie liegen, statt daß nach Barrow er dißseits derselben liegt. Am Ende gesteht doch Montucla mit Barrow ein, daß bey der Erklärung der undeutlichen Erscheinung durch ein Linsenglas noch

bezeichneten Sachen. Man kann daher nicht sagen, eine Sache sieht größer, kleiner, so groß aus, als sie ist, ob ich gleich diese Ausdrücke selbst von einem d'Alembert gebraucht finde. Freylich wer die betrachteten Sachen oft wirklich ausgemessen hat, wird durch die sinnliche Größe von der wahren zu urtheilen lernen; das ist aber nicht empfinden, sondern eine alte Erfahrung auf einen gegenwärtigen Fall anwenden. Die sinnliche Idee ist ganz was anders als der geometrische Begriff der Größe, wenn wir sie auch oft mit einander zusammenschmelzen. Wer nie ein Kauffartheyschiff gesehen hat, wird aus Zeichnungen mit dem Maaßstabe dabey sich die sinnliche Idee nicht machen lernen, die derjenige davon hat, der ein solches gesehen. Ich kann mir von dem Pik auf Teneriffa keinen Begriff machen, ungeachtet ich den Brocken sechs Meilen von mir sehe, und weis, wie viel Ruthen jener hoch ist. Als ich in meiner Jugend zum erstenmal etwas beträchtliche Hügel sah, wurden meine sinnliche Begriffe von ihrer Größe ganz anders, als sie vorher gewesen waren, da ich bloß an das platte Land gewöhnt gewesen war. — Von der scheinbaren Entfernung gilt alles dieses auch, weil sie gleichfalls eine sinnlich erkannte Größe ist. — Unsere sinnliche Begriffe von Größe und Entfernungen entstehen aus einer Menge von ehemaligen und gegenwärtigen einzelnen Empfindungen, die wir völlig aus einander zu setzen, nicht wohl im Stande sind. — Die Beschaffenheit des Bildes auf der Netzhaut ist nur ein einzelner Umstand beym Sehen; was er sagen wolle, muß, wie bey einem vieldeutigen Worte aus dem Zusammenhange ersehen werden, u. s. w. **K.**)

noch Schwierigkeiten übrig blieben, welche wegzuräumen er die Optikverständigen auffordert f).

Doppeltes Bild durch die Brechung.

Hätte unser Verfasser etwas später geschrieben, so würde er in **Bouguers** Optik neue Erläuterungen über diese Sachen angetroffen haben, als der **Barrows** allgemeine Regel annimmt, daß wir den Ort eines Punctes dahin setzen, woher die Strahlen dem Ansehen nach auseinanderfahrend ins Auge kommen. Kommen die Strahlen von einem Puncte unterhalb der Oberfläche des Wassers oder eines andern brechenden Mittels, so findet er, daß es zween solcher Vereinigungspuncte giebt, von welchen die Strahlen aus, und ins Auge fahren: einen nämlich für diejenigen Strahlen, welche in derselben senkrechten Fläche befindlich sind, und also gegen die brechende Fläche sich verschiedentlich neigen, und einen andern für diejenigen, welche auf die brechende Fläche mit demselben Grade der Schiefe fallen, und einer neben dem andern zur Seite ins Auge kommen. Bisweilen ist es das eine, bisweilen das andere dieser Bilder, woran die Seele sich hält, und verschiedene Personen mögen ganz wohl verschiedene Bilder sehen.

fig. 114.

Es sey B a b ein Theil der Oberfläche des Wassers, und der Gegenstand in O, von welchem die senkrechte auf die brechende Fläche O A ist. Von diesem Puncte O entstehen zwey Bilder, eines in G, einem Puncte der Brennlinie durch die Brechung, das andere in E auf der senkrechten O A, die ebenfalls als eine Brennlinie anzusehen ist. Das erste Bild wird durch Strahlen, wie O D M, O d m empfunden, deren einer nach dem Auge hin höher lieget, als der andere; dagegen das Bild in E von Strahlen, wie O D M, O e f, gemacht wird, welche einer neben dem andern ins Auge kommen. Dieses kann, saget er, zur Erklärung der Schwierigkeit dienen, welche Tacquet, Barrow, Smith und viele andere sich gemacht haben, und die Newton selbst für sehr groß erkläret hat, wiewohl sie nicht ganz unauflöslich seyn mag g).

G. W. Krafft vertheidigt Barrows Grundsatz von dem Orte eines durch Zurückstrahlung oder Brechung gesehenen Bildes, sehr gut, und was den Fall betrifft, da ein entfernter Gegenstand in einem Hohlspiegel von einem nahe vor demselben befindlichen Auge gesehen wird, als wobey Barrows Regel nicht gebraucht werden kann, weil das Bild zwischen das Auge und die Sache fällt, so erinnert er, daß man in diesem Falle den Spiegel als einen ebenen betrachten könne, welches auf eins hinauskomme, wiewohl das Bild etwas undeutlich sey h).

Mittel von Entfernungen zu urtheilen.

Dr. **Porterfield** giebt uns eine deutliche und kurzgefaßte Vorstellung aller natürlichen Methoden von der Entfernung der Sachen zu urtheilen, zu welchen er, außer den nach **de la Hire** schon oben angeführten, noch das Vermögen, sich selbst auf

f) Hist. de Mathem. vol. 2. p. 602. (Man kann Sachen erkennen, die man undeutlich empfindet, wenn die Undeutlichkeit nicht zu groß ist — die Undeutlichkeit kann gleich groß, ihre Ursache bald diese bald jene seyn — Unser Urtheil von der Größe und Entfernung einer undeutlich gesehenen Sache hängt von äußern Umständen ab. K.)

g) Traité d'Optique, p. 104.

h) Comm. Petr. vol. 12. p. 252. 256.

auf verschiedene Entfernungen einzurichten, rechnet. Weil verschiedene von seinen Bemerkungen sehr treffend sind, so will ich seine Gedanken hier im Auszuge mittheilen.

Das erste Mittel, dessen sich die Seele bedienet, die Entfernung einer Sache zu schätzen, ist die Einrichtung, welche dem Auge nöthig ist, auf verschiedene Entfernungen deutlich zu sehen. Die Seele ist sich der dazu nöthigen Bemühungen bewußt, und kann dadurch gewissermaaßen, selbst mit einem Auge allein Entfernungen schätzen. Es hilft dieses Mittel aber nicht mehr außer den Gränzen des deutlichen Sehens, wiewohl alsdenn der größere oder geringere Grad von Undeutlichkeit, nachdem die Sache mehr oder weniger über diese Gränzen hinaus liegt, zur Schätzung der Entfernung behülflich ist. Dieser Gebrauch der Undeutlichkeit ist aber auch eingeschränket. Denn wenn die Entfernung der Sache so groß ist, daß die Weite der Oeffnung des Auges dagegen nicht mehr in Vergleichung kömmt, so wird man die von einem Puncte der Sache herkommenden Strahlen für parallel halten können, und ihr Bild auf der Netzhaut wird deswegen nicht merklich undeutlicher werden, wenn sie auch beträchtlich weiter entfernet wird [i])

Ein Hauptmittel von der Entfernung zu urtheilen, saget er, liegt in dem Winkel der Seheaxen. Unsere beyden Augen sind gleichsam zween Standpuncte, von welchen man die Entfernungen der Gegenstände aufnimmt; und darum treffen Einäugige so oft vorbey, wenn sie Getränke in ein Glas gießen, ein Licht schneuzen, oder sonst etwas thun wollen, wozu man die Entfernungen genau abgemessen haben muß. Dieses überzeugend einzusehen, hänge man, saget er, einen Ring an einem Faden auf, stelle sich zwey oder drey Schritte von ihm, mit dem Gesichte gegen die schmale Fläche desselben gekehret, daß die Oeffnung nach der rechten und linken Hand hin liege, und versuche bey geschlossenem einem Auge, mit einem am Ende gekrümmten Stabe durch den Ring zu treffen. So leicht dieses zu seyn scheint, so wird man doch bey der Probe finden, daß sie vielleicht unter hundertmalen nur einmal geräth, besonders wenn man den Stab etwas geschwinde beweget [k]).

Unser Verfasser führet noch an, daß bey Leuten, die mit einem Auge blind geworden sind, ohne zu wissen, wie lange sie es sind, es wohl möglich ist, dieses angeben zu können, wenn sie sich besinnen, um welche Zeit sie angefangen haben, die vorher bemerkten Fehler zu begehen. Dieses ist ein Umstand, der einem Arzte zur Hebung des Uebels nützlich seyn kann, und dessen sich unser Verfasser selbst einmal zur Heilung des schwarzen Staars bedienete, weil er daraus schloß, daß dieses Gebrechen noch nicht alt wäre. Uebrigens hilft der Winkel der Seheaxen zur Schätzung der Entfernungen nur auf eine gewisse Weite, die Dechales zu 120 Fuß ansetzet, weil weiterhin der Winkel sich nicht merklich verändert [l]).

Das dritte Hülfsmittel zur Beurtheilung der Entfernungen besteht in der scheinbaren Größe der Sachen, welches Smith von so großer Wichtigkeit machte. Von

i) On the eye, vol. 2. p. 387.
k) Ibid. vol. 1. p. 105.
l) Ibid. vol. 2. p. 390. 394.

Von der Veränderung des Bildes auf der Netzhaut schließen wir leicht auf die Entfernung der Sache, woferne uns anders die wahre Größe der Sache bekannt ist; denn sonst können wir aus der scheinbaren Größe allein gar nicht auf die Entfernung schließen.

Hieraus begreift man, warum man in der Schätzung der Entfernungen so oft irret, wenn man einen Gegenstand von ungewöhnlicher Größe vor sich sieht, als wenn man auf eine große Stadt, ein Schloß, eine Domkirche oder einen Berg von außerordentlicher Größe zu reiset, da man dergleichen Gegenstände immer für näher hält als sie wirklich sind. Darum sehen auch Thiere und alle kleine Sachen, die man von unten aus dem Thale an einem hohen Berge sieht, außerordentlich klein aus. Denn wir halten den hohen Berg für niedriger als er ist, und würden uns nicht wundern, daß die Thiere auf demselben so klein aussehen, wenn wir wüßten, daß sie so weit von uns sind [m]).

Dr. Jurin erkläret ganz deutlich, warum Gegenstände, die man von einem hohen Gebäude herab betrachtet, kleiner aussehen, als sie sind, und kleiner als sie uns vorkommen, wenn man sich mit ihnen auf derselben horizontalen Ebene befindet. Wir haben unter diesen Umständen, saget er, keinen deutlichen Begriff von Entfernungen, und urtheilen also bloß nach der Größe des Bildes im Auge; allein durch Gewohnheit werden wir uns selbst in diesem Falle dahin bringen, richtig zu urtheilen. Man lasse einen Knaben, der niemals oben auf einem hohen Gebäude gewesen, die Spitze des Monuments in London besteigen, und von da auf die Gasse herunter sehen, so werden ihm Menschen und Pferde unten an der Erde so klein vorkommen, daß er sich höchlich darüber wundern wird. Aber nach zehn oder zwanzig Jahren, wenn er in der Zeit manchmal von so großen Höhen herunter zu sehen sich gewöhnet hat, werden ihm dieselben Gegenstände nicht mehr so klein aussehen. Und, wenn er sie von solchen Höhen herab so oft sähe, als er sie mit sich auf derselben Ebene auf den Gassen sieht, so würden sie ihm, wie er glaubet, oben von der Spitze des Monuments herab, nicht kleiner vorkommen, als wenn er sie aus einem Fenster im ersten Stocke betrachtet. Darum müssen auch Bildsäulen, die auf hohen Gebäuden zu stehen kommen sollen, größer als diejenigen gemachet werden, die man in der Nähe sehen soll, weil alle Leute, Baumeister ausgenommen, hohe Gebäude für niedriger halten als sie sind [n]).

Als das vierte Hülfsmittel, Entfernungen zu schätzen, giebt Porterfield die Lebhaftigkeit der Farbe an, mit welcher die Gegenstände erscheinen. Wenn wir wissen, daß zwo Sachen einerley und gleich starke Farbe haben, und eine derselben erscheint uns heller und lebhafter als die andere, so werden wir die hellere für näher halten [o]).

Das

m) Ibid. vol. 2. p. 396. (Smiths Lehrb. d. Optik, S. 53.)
n) Smith's Opticks, Remarks, p. 51. (d. d. A. S. 415.)
o) On the eye, vol. 2. p. 396.

Das fünfte Hülfsmittel besteht in dem verschiedentlichen Aussehen der kleinen Theile der Gegenstände. Erkennet man diese deutlich, so halten wir den Gegenstand für nahe; können wir sie nicht anders als undeutlich oder gar nicht sehen, so halten wir ihn für entfernet. Denn das Bild einer Sache oder eines ihrer Theile wird kleiner in dem Verhältnisse, daß die Sache weiter fortrücket.

Das sechste und letzte liegt darinn, daß man nicht eine Sache allein, sondern alle umliegende um den Hauptgegenstand, dessen Entfernung man schätzet, zugleich mit betrachtet. Je mehr der Zwischenraum von dem Auge bis an denselben in kleinere und deutlich erkannte Theile getheilet ist, desto größer wird er uns vorkommen. Darum scheinen Entfernungen auf unebenen Flächen kleiner als auf einer ebenen. Denn die Ungleichheiten des Bodens, als Hügel, Vertiefungen und Flüsse, die niedrig und außer dem Gesichte sind, fallen theils nicht in die Augen, theils entziehen sie das dahinter liegende dem Anblicke; weswegen der ganze Zwischenraum um die nicht zu Gesichte kommende Theile vermindert wird. Darum erscheinen die Ufer eines entfernten Flusses zusammen zu stoßen, wenn das Wasser niedrig fließt und nicht gesehen wird p).

Einige Gesichtsbetrüge, die von einer irrigen Schätzung der Entfernung herrühren, erkläret Dr. Porterfield sehr wohl. Parallele Reihen von Bäumen scheinen uns deswegen immer mehr und mehr sich zu nähern, je weiter sie fortlaufen, weil die scheinbare Größe ihrer senkrechten Zwischenweiten immer fort abnimmt, und wir zugleich uns in der Schätzung der Entfernungen irren. Hingegen, wenn die beyden parallellaufenden Reihen längst einer Anhöhe hin gepflanzet sind, so daß nunmehr die entferntern Theile weiter scheinen als sie wirklich sind, weil der Sehewinkel größer ist, als wenn sie horizontal lägen, so werden die Reihen nicht so sehr als in jenem Falle zusammenlaufend, ja wohl gar aus einander laufend scheinen.

Aus eben dem Grunde, daß eine lange Allee sich zusammen zu ziehen scheint, werden auch die entfernten Theile eines horizontalen Bodens allmählig sich zu erheben scheinen, und mit ihnen zugleich die darauf stehenden Gegenstände; da hingegen die Decke einer langen Gallerie nach der horizontalen Ebene durch das Auge des Betrachters sich herab zu senken scheint. Darum erhebt sich die Fläche der See, wenn man sie von einer Anhöhe betrachtet, desto mehr, je weiter man seine Blicke richtet; und die obern Theile eines hohen Gebäudes haben das Ansehen, als wenn sie sich vorüber neigten, weil sie sich der senkrechten Linie durch das Auge des Betrachters zu nähern scheinen; weswegen auch Bildsäulen auf der Spitze solcher hoher Gebäude ein wenig rückwärts gelehnet werden müssen, wenn sie aufrecht stehend aussehen sollen.

Eine Windmühle, fährt er fort, die man sehr von weitem sieht, kann sich nach einer der wirklichen Richtung entgegengesetzten zu bewegen scheinen, wenn wir das nähere Ende eines Flügels für das entferntere halten. Daher kömmt es auch, daß

p) On the eye, vol. 2, p. 408. (Wir nehmen auch die scheinbare Lage der Linien, welche durch die obere und untere Gränze der Sachen gehen, so wohl gegen einander, als gegen uns selbst, zu Hülfe, weil wir aus Erfahrung wissen, wie diese Linien sich darzustellen pflegen. K.)

daß wir bisweilen ungewiß sind, nach welcher Gegend sich ein Kronleuchter drehet; daß wir eine vertiefte Fläche und eine erhabene mit einander verwechseln, besonders wenn wir Siegel und Abdrücke mit einem Converglase oder einem zusammengesetzten Mikroscop betrachten; daß wir des Nachts, wenn wir in eine Gasse kommen, die nur von einer Reihe Laternen erleuchtet wird, diese an die unrechte Seite setzen q).

Noch weit mehr ward diese merkwürdige Materie von **Bouguer** ins Licht gesetzet, einem Gelehrten, dessen Namen der Leser mit Vergnügen in dieser Geschichte hier wieder antreffen wird, und von dem ich gerne noch öfterer was angeführet hätte.

Wie scheinbare Parallelen gezogen werden müssen.

Die wahre Methode, zwo scheinbar parallel laufende Reihen von Bäumen zu ziehen, ist eine Aufgabe, welche das Nachdenken mehr als eines Naturforschers und Mathematikers beschäfftiget hat. Daß die scheinbare Größe einer Sache mit dem Winkel, unter welchem sie gesehen wird, abnimmt, ist von jeher als ausgemacht betrachtet worden; desgleichen ist von allen eingestanden, daß wir nicht anders als durch Gewohnheit und Erfahrung sowohl von der Größe als von Entfernung urtheilen lernen: aber bey der Anwendung dieser Grundsätze zur Auflösung jener Aufgabe ist von allen, vor Bouguer, die **wahre** Entfernung statt der scheinbaren gebraucht worden, da doch die Seele sich in ihrer Schätzung bloß nach der letztern richtet. Denn es ist klar, daß wenn durch gewisse Umstände die scheinbare Entfernung mit der wahren nicht übereinstimmt, die scheinbare Größe der Sache dadurch verändert werden muß, eben so wie durch einen Fehlschluß in Absicht auf die scheinbare Größe, die Schätzung der Entfernung anders ausfallen wird.

Tacquet, der an diesen Unterschied nicht dachte, glaubte deswegen bewiesen zu haben, daß zwo Linien, als zwo Reihen Bäume, die dem Anscheine nach parallel sind, keine andere als zwo mit ihren erhabenen Seiten gegen einander gekehrte Hyperboln seyn könnten r); und **Varignon** behauptete, daß eine Allee, die immer gleiche scheinbare Breite behalten sollte, in der Entfernung sich immer mehr verengern müßte s).

Bouguer bemerket, daß die Vorstellung von sehr großen Entfernungen fast nicht anders ist als von solchen, die ungleich viel kleiner sind. Darum stellen wir uns große Entfernungen immer zu klein vor, und deswegen scheint der Boden einer langen Aussicht sich immer etwas zu erheben. Wir halten nämlich die Sehe-Strahlen für kürzer als sie sind, und glauben also, daß die Stellen, wovon sie herkommen, höher liegen, als sie wirklich sind. Jede große Ebene, wie AB, scheint demnach dem Auge in O, nach einer Richtung wie Ab hin sich zu erstrecken, und folglich muß man, um scheinbar parallele Linien auf der Ebene AB zu ziehen, dergleichen

fig. 115.

q) On the eye, vol. 2. p. 383. 384. (Smiths Optik, S. 52, 53.)

r) Oder ein Hyperbolischer Schenkel mit seiner Asymptote. K.

s) Er nahm an, daß die scheinbare Größe dem Producte aus dem Sinus des Sehewinkels in die wahre Entfernung proportional wäre, welches auf doppelte Art fehlerhaft war. d'Alembert Opusc. math. T. I. p. 293.

gleichen erst auf der Ebene Ab verzeichnen, und von da sie auf die Ebene AB übertragen.

Die Neigung der scheinbaren Grundfläche Ab gegen die eigentliche AB zu erfahren, muß man, unserm Verfasser zu folge, zwo Linien von hinlänglicher Länge, wozu Schnüre an kleine Stäbe befestiget recht gut sind, unter einem Winkel von 3 bis 4 Grad auf dem Boden ziehen. Darauf stellet sich jemand innerhalb des Winkels dieser beyden Linien, den Rücken nach dem Winkelpuncte hin gekehrt, und suchet die Stelle, in welcher ihm die Linien parallel vorkommen. Die Linie, welche alsdenn von dem Winkelpuncte durch sein Auge geht, wird mit der wahren Grundfläche den gesuchten Winkel dieser Grundfläche mit der scheinbaren machen.

Hr. Bouguer bringt hierauf noch andere geometrischere Methoden zur Bestimmung dieses Neigungswinkels bey, und saget, daß er ihn vermittelst derselben bisweilen 4 bis 5 Grad, bisweilen nur 2 oder $2\frac{1}{2}$ Grad groß gefunden habe. Der Winkel hängt nämlich von der Art, wie der Grund erleuchtet ist, und von der Stärke der Helligkeit ab; selbst die Farbe hat einen Einfluß hiebey, und außer dem kömmt es noch auf die besondere Einrichtung des Auges an, ob es bey einerley Grade des Lichtes mehr oder weniger davon gerühret wird, und auch auf die Stelle der Netzhaut, wohin das Bild fällt. Denn wenn er durch eine kleine Bewegung des Kopfes machte, daß das Bild von gewissen Theilen des Bodens, das vorher nach unten zu hin fiel, nunmehr nach oben hin auf der Netzhaut zu liegen kam, so schien ihm diese scheinbare Neigung immer etwas größer zu werden.

Gesichtsbetrug bey steilen Flächen.

Das merkwürdigste aber, welches er als zuverläßig behauptet, ist dieses, daß bey einem berg an laufenden Grunde der Unterschied zwischen der scheinbaren und wahren Grundfläche viel beträchtlicher wird, so daß beyde bisweilen einen Winkel von 25 bis 30 Grad mit einander machen können. Dieses hat er sehr oft beobachtet. Berge werden, saget er, schon unersteiglich, wenn ihre Seitenflächen mit dem Horizont einen Winkel zwischen 35 und 37 Grad machen, weil man alsdenn nicht anders als mit Hülfe von Steinen und Gesträuchen, die man statt Stufen brauchet, die Füße darauf zu setzen, daran hinauf klettern kann. In solchen Fällen schätzten sowohl er als seine Reisegefährten die scheinbare Neigung der Seitenflächen auf 60 bis 70 Grad.

Bey einem abhängenden Grunde hingegen wird der Winkel der wahren und scheinbaren Grundfläche zuerst immer kleiner, bis auf einen gewissen Grad des Abhanges, da beyde in einander fallen, so daß parallele Linien, die man auf einer Fläche in dieser Lage zöge, immer parallel zu bleiben scheinen würden. Senket sich aber der Grund noch tiefer herunter, so wird die Abweichung der scheinbaren Grundfläche von der wahren wieder zu wachsen anfangen, und zwar wird, welches merkwürdig ist, die scheinbare itzt unter der wahren liegen, so daß die scheinbar parallelen Linien auf letzterer zusammenlaufend werden.

Scheinbare Neigung senkrechter Flächen. fig. 116.

Hieraus zieht er auch Folgerungen für den Fall, da mehr als eine Ebene zugleich ins Auge fallen. Als wenn BH die Fronte eines Gebäudes ist, vor welcher das Auge in der Entfernung AB steht, so wird sie dem Anscheine nach die Entfernung

nung Ab und die Lage bh bekommen, so daß sie ein wenig gegen den Zuschauer geneigt liegt, es müßte denn die Entfernung geringe seyn.

Aus vielen Betrachtungen über diese Sache zieht unser Verfasser den Schluß, daß eine horizontale Ebene demjenigen, der auf ihr steht, nicht eher, als in einer gewissen Entfernung sich zu erheben scheint. Die scheinbare Fläche hat also daselbst eine Krümmung, deren Gestalt nicht leicht zu bestimmen ist, so daß einer, der auf einer unendlich weit ausgedehnten Ebene stünde, in dem Mittel eines Beckens zu stehen sich vorkommen würde. So geht es gewissermaßen auch einem, der sich auf gleichem Grunde mit der Fläche der See befindet [t]).

Scheinbare Krümmung horizontaler Flächen.

Er beschließt mit der Anmerkung, daß es nicht schwer sey, nach diesen Regeln Linien zu ziehen, welche, wie man es verlanget, ins Auge fallen, außer wenn einige Theile der Aussicht dem Zuschauer nahe, andere sehr weit von ihm sind. Eine gerade Linie, die nahe vor ihm vorbey, unterhalb der Horizontalfläche durch das Auge geht, scheint in diesem Falle in einer gewissen Entfernung vom Auge fast immer merklich gekrümmet, und beynahe alle Figuren werden alsdenn sehr verworrenen optischen Verzerrungen unterworfen seyn, worauf man bisher die Regeln der Perspectiv noch nicht angewendt hat. Zieht man einen Kreis nahe bey unsern Füßen, auf demjenigen Theile der Grundfläche, der uns ganz horizontal zu bleiben scheint, so wird er uns immer wie ein Kreis aussehen, und in einer weiten Entfernung die Gestalt einer Ellipse haben; allein zwischen diesen beyden Lagen wird er weder wie ein Kreis noch wie eine Ellipse, sondern ohngefähr wie eine der Ovallinien des Descartes aussehen, die an dem einem Ende gekrümmter als an dem andern sind.

Scheinbare Verzerrungen.

Daher kömmt es, daß ein Parterre, welches von einem niedrigen Standpuncte verzogen aussieht, von einem Balcon oder sonst einer Anhöhe betrachtet, vollkommen regelmäßig erscheint. Die scheinbare Unregelmäßigkeit nimmt nämlich erst in einer größern Entfernung ihren Anfang, und die Theile des Grundes in der Nähe des Zuschauers sind davon befreyet. Wenn AB die Grundfläche vorstellet, und Aa die unter dem Auge darauf senkrecht gezogene ist, so wird die Stelle T, wo die Grundfläche nach Tb hin sich zu erheben scheint, desto weiter von dem Auge wegrücken, je höher das Auge O steht [u]).

fig. 117.

Alles, was bey der scheinbaren Bewegung in Betrachtung gezogen werden kann, hat Dr. Porterfield so nett in eilf Sätzen gefasset, daß ich nicht besser thun kann, als wenn ich sie hier dem Leser vorlege.

Ereignisse bey der scheinbaren Bewegung.

1. Ein sehr geschwind bewegter Körper wird nicht gesehen, wenn er nicht sehr helle ist. So sieht man eine Kanonenkugel nicht, wenn man ihrer Bahn zur Seite steht; sieht man ihr aber in ihrem Fluge hinten nach, so wird sie sichtbar, weil alsdenn ihr Bild lange auf derselben Stelle der Netzhaut bleibt, und folglich einen lebhaftern Eindruck machet.

2. Eine glühende Kohle, die geschwinde genug im Kreise herumgeschwungen wird, verursachet das Ansehen eines Feuerrades, weil die Eindrücke des Lichtes, welche

t) Vergl. Smiths Optik, S. 415. K. u) Mem. de l'Ac. de Par. 1755. p. 156—166.

welche in einer zitternden und folglich einige Zeit dauernden Bewegung bestehen, nicht augenblicklich wieder verschwinden, sondern so lange anhalten, bis die Kohle ihren Umlauf vollendet hat, und an der ersten Stelle wieder angelanget ist.

3. Wenn zween ungleich vom Auge entfernte Körper sich gleich geschwinde bewegen, so wird der entferntere langsamer zu gehen scheinen; verhalten sich aber ihre Geschwindigkeiten wie ihre Entfernungen, so sind ihre scheinbaren Geschwindigkeiten gleich.

4. Wenn zween ungleich vom Auge entfernte Körper sich ungleich geschwinde nach derselben Richtung bewegen, so ist das Verhältniß ihrer scheinbaren Geschwindigkeiten zusammengesetzet aus dem ordentlichen Verhältnisse ihrer wahren Geschwindigkeiten, und dem umgekehrten ihrer Entfernungen vom Auge v).

5. Ein Körper, wie groß auch seine Geschwindigkeit sey, scheint stille zu stehen, wenn der von ihm in einer Secunde beschriebene Raum in der Entfernung unmerklich klein ist. Daher rühret es, daß ein naher Körper, der sich sehr langsam beweget, als der Zeiger einer Uhr, oder ein entfernter geschwinde fortgehender Körper, wie die Planeten, stille zu stehen scheinen.

6. Ein Körper, der sich mit irgend einer Geschwindigkeit beweget, scheint zu ruhen, wenn der von ihm in einer Secunde beschriebene Raum sich zu seiner Entfernung vom Auge verhält wie 1 zu 1400. w)

7. Wenn das Auge sich in der geraden Linie fort beweget, so werden seitwärts nicht zu weit entfernte Gegenstände nach einer entgegengesetzten Richtung sich zu bewegen scheinen.

8. Wenn das Auge sich gerade fort beweget, und man sich der Bewegung bewußt ist, so werden entfernte Körper sich nach derselben Richtung, mit derselben Geschwindigkeit zu bewegen scheinen. So scheint jemanden, der nach Osten hin läuft, der Mond zur rechten Hand eben dahin mit gleicher Geschwindigkeit fortzurücken; da wegen der Entfernung des Mondes sein Bild immer auf derselben Stelle der Netzhaut bleibt, weswegen wir uns einbilden, der Mond gehe mit uns fort.

9. Wenn das Auge und der Gegenstand nach derselben Richtung sich bewegen, jenes aber geschwinder, so wird dieser sich rückwärts zu bewegen scheinen.

10. Wenn zween oder mehrere Gegenstände sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, und ein anderer ruhend ist, so werden jene zu ruhen, und dieser sich zu bewegen scheinen. So scheinen, wenn Wolken geschwinde laufen, ihre Theile in derselben Lage zu bleiben, und der Mond nach entgegen gesetzter Richtung zu gehen.

11. Wenn das Auge sehr geschwinde sich fort beweget, so werden zur Seite liegende unbewegte Gegenstände den entgegengesetzten Weg zu nehmen scheinen. So scheinen

v) Sollte es hiebey nicht mehr auf die scheinbaren Entfernungen ankommen als auf die wahren? K.

w) Dies giebt einen Winkel von 15 Sec. Die Sterne kommen uns ruhend vor, ungeachtet sie in der Zeit einer Secunde einen Winkel von 15″ beschreiben, wenn man die Zeit der ganzen Umdrehung zu 24 St. rechnet. Es könnte aber doch bey einer größern Winkelgeschwindigkeit ein Körper ruhend scheinen. K.

scheinen jemanden, der geschwinde durch einen Wald reitet oder fährt, die Bäume rückwärts sich zu bewegen, so wie das Ufer jemanden, der in einem Schiffe sitzt x).

Erscheinung, wenn man sich geschwinde umdrehet.

Zum Schlusse dieser Anmerkungen bemühet sich unser Verfasser noch eine hieher gehörige Erscheinung zu erklären; die zwar bekannt genug, aber doch, so viel er wußte, nicht vollkommen ins Licht gesetzet ist. Nämlich wenn jemand sich geschwinde umdrehet, ohne von der Stelle zu gehen, so werden alle Gegenstände um ihn herum sich im Kreise gegenseitig zu drehen scheinen, und zwar, welches eben das sonderbare ist, auch noch einige Zeit nachher, wenn er schon wieder stille steht.

Das erste ist leicht zu erklären. Wenn wir unser Auge für ruhend halten, so werden wir den Gegenständen die ganze Bewegung zuschreiben, welche das Auge hat, ob sie gleich unbeweget sind; und wenn wir zwar wissen, daß das Auge sich beweget, aber nicht glauben, daß es sich beweget, als es wirklich thut, so werden wir bloß einen Theil der Bewegung dem Auge, den andern aber den unbewegten Gegenständen zuschreiben. Das ist hier der Fall. Es bleibt aber noch die Schwierigkeit übrig, warum, wenn das Auge schon wieder stillstehend geworden ist, die Gegenstände dennoch in Bewegung zu bleiben scheinen, da doch ihre Bilder auf der Netzhaut ihre Stelle nicht verändern. Dieses leitet er von einem Irrthume her, den man in Absicht auf das Auge begeht, von welchem man, ungeachtet es völlig zur Ruhe gekommen ist, dennoch glaubet, daß es sich nach einer, seiner vorigen entgegengesetzten Richtung noch bewege; darum scheinen die unbewegten Gegenstände sich nach derselben Richtung, welche man dem Auge zuschreibt, sich zu bewegen, ungeachtet das Auge schon stillstehend geworden ist y).

Zusatz des Uebersetzers.

Herr d'Alembert hat in dem neunten Memoire seiner Opusc. mathem. T. I. p. 265. Zweifel gegen verschiedene optische Sätze gemachet, wovon die meisten zu dem Inhalte des vorigen Kapitels gehören. Zuerst machet er den Satz streitig, daß die Gegenstände in der Richtung des Strahles liegen, den sie ins Auge senden. Denn die Richtung des Strahles, mit welcher er die Netzhaut trifft, sey von der Richtung, mit welcher er ins Auge kömmt, unterschieden; und man müsse noch dazu die Wirkung eines schiefen Strahles in Absicht auf die Netzhaut nach der senkrechten Linie auf diese schätzen, so daß die Sache gar nach dieser zu liegen scheinen müßte. Hierüber stellet Hr. d'Alembert sogar Rechnungen an, welche aber überflüßig zu seyn scheinen, weil wir, um von der Lage seitwärts gelegener Sachen zu urtheilen,

x) Porterfield on the eye, vol. 2, p. 422.

y) On the eye, vol. 2, p. 424. (Ich sehe nicht, wie man dem Auge eine seiner vorigen Richtung entgegen gesetzte zuschreiben möge. Die Ursache liegt wohl in dem Schwindel, der noch fortdauert, wenn man wieder stille steht, wobey die Empfindung des Sehens auf eine tumultuarische Art fortgepflanzet wird, daß daher der Seele der vorige Zustand noch fortzudauern scheint, bis der Schwindel sich geleget hat. K.)

urtheilen, uns um die Neigung der Seheſtrahlen gegen die Netzhaut gar nicht bekümmern mögen, sondern unsere alte Erfahrungen anwenden, nach welcher Richtung wir die Hand ausstrecken, stoßen, gehen, werfen mußten, um eine solche Sache zu treffen. Da diese Richtungen mit der Richtung der Seheſtrahlen von der Sache her übereinkommen, so kann der alte Satz immer bleiben, ob wir gleich auch hier keine Winkel geometrisch, sondern sinnlich uns vorstellen.

Weiter untersuchet Herr d'Alembert auch die Frage von dem Orte eines durch Zurückwerfung oder Brechung gesehenen Bildes. Allenthalben findet er Schwierigkeiten, und beschließt damit, daß hierinn gar kein allgemeiner Grundsatz seyn möge; sondern daß der scheinbare Ort eines Bildes vermuthlich nach Maaßgabe unzählig vieler Umstände veränderlich sey, die man nicht anders als durch viele Erfahrungen, für welche sich doch vielleicht kein Hauptgesetz angeben ließe, möchte herausbringen können.

Darauf eröffnet er seine Gedanken, wie man die scheinbare Größe messen soll. Man muß auf einer Linie Theile abstecken lassen, die dem Augenmaße nach gleich sind, und diese Größe mit der wirklichen Größe der Theile vergleichen. Dadurch kann man die scheinbare Lage einer von dem Auge weglaufenden horizontalen Linie finden, und dieses giebt ihm Gelegenheit von scheinbar parallel laufenden Linien etwas zu sagen. Endlich kömmt er auch noch auf die scheinbare Größe eines durch Zurückwerfung oder Brechung gesehenen Bildes, wo er Smithen widerleget, und überhaupt saget, wir hätten von diesem Falle noch gar keine gründliche Theorie. Er beschließt seinen Aufsatz mit den Worten: dies sind die Zweifel, welche man gegen die gewöhnlichen Grundsätze der Optik erregen kann, woraus folget, daß in dieser Wissenschaft fast noch alles zu thun übrig ist. — So arg mag es doch wohl nicht seyn. Denn Herrn d'Alemberts Einwürfe gehen eigentlich nur unsere sinnliche Vorstellungen von Größe und Entfernung an, die freylich sich nicht immer nach einfachen geometrischen Gesetzen richten mögen. Unterscheidet man den absoluten Ort des Bildes eines Punctes, den nämlich, wo die Strahlen am dichtesten zusammen kommen, den **relativen Ort**, nämlich den, von welchem die Strahlen ins Auge kommen, und den **scheinbaren Ort**, von welchem sie herzukommen scheinen, so wird man den Schwierigkeiten ziemlich aus dem Wege gehen.

Siebentes Kapitel.

Von der Gestalt des Mondes beym Horizonte.

Die Gedanken der Alten von der Gestalt des Mondes, wenn er nahe beym Horizonte ist, sind schon zu Anfange dieser Geschichte erzählet, wo man gesehen hat, daß sie zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung einen guten Grund geleget haben. In den folgenden Zeiten, besonders in dieser letzten Periode, ist die Sache aber noch weit mehr ins Licht gesetzet worden, daß nunmehr zur vollständigen Erklärung nichts zu fehlen scheint.

Alhazen

Erklärung der Alten.

Alhazen, so wie die meisten Alten glaubten, daß die Sonne und der Mond nahe beym Horizonte deswegen so sehr groß aussehen, weil man sie da für weit entfernter hält, als wenn sie nahe bey dem Meridian sind; und daß der Himmel in der Gegend des Horizontes darum von uns entfernter scheint, weil der Raum zwischen dem Horizont und dem Auge durch die vielen Gegenstände auf der Erde eingetheilet wird. **Hobbes** setzte diese Erklärung in einigen Stücken noch mehr aus einander, wiewohl er doch auch bey der Anwendung der Geometrie auf diese Sache Fehlschlüsse machte. Er bemerket, daß dieser Gesichtsbetrug allmählig vom Zenith bis zum Horizonte hin anwächst, und daß, wenn man den scheinbaren Bogen des Himmels in gleiche Theile theilet, diese Theile einen desto kleinern Winkel einnehmen werden, je weiter man nach dem Horizonte herunter kömmt. Auch war er der erste, der die scheinbare Wölbung des Himmels als ein Stück einer Kugelfläche ansahe [a]).

Wird von einigen verworfen.

Man möchte sich wundern, daß eine so vernünftige Hypothese, wie diese, je hat wieder zurückgesetzet werden können, besonders da sie von angesehenen Schriftstellern und so viele Jahre hindurch angenommen worden ist. Allein man glaubte durchgehends, daß es nothwendig wäre, die Gegenstände, welche den Raum zwischen dem Horizonte und dem Auge eintheilen, wirklich durch das Gesicht zu empfinden, wenn man sich ihn so sehr weit ausgedehnet vorstellen sollte, und dieses Mißverständniß erzeugte verschiedene Einwürfe. So glaubt der Pater **Gouye** die alte Meynung damit umzustoßen, weil der Mond längst der Oberfläche der See hin eben so groß am Horizont erscheint, da doch hier keine Gegenstände sind, welche die Vorstellung der größern Entfernung erregen könnten [b]). **Molyneux** saget gleichfalls, wenn die gewöhnliche Erklärung richtig wäre, so könnte man ja zu jeder Zeit, auch wenn der Mond im Meridian wäre, seine scheinbare Größe vermehren: man dürfte nur, um den Raum zwischen ihm und dem Auge einzutheilen, längst über einer Reihe von Schornsteinen, dem Rücken eines Hügels, oder dem Forste eines Hauses ihn betrachten. Er bringt auch den eben angeführten Einwurf des P. **Gouye** vor, und füget diesem noch bey, daß selbst alsdenn, wenn alle zwischen liegende Gegenstände dem Gesichte entzogen werden, als wenn man durch eine Röhre den Mond ansieht, der Betrug der Einbildung nicht gehoben wird, weil man sich dem ohngeachet den Mond so groß wie vorher vorstellet. Darauf suchet er des **Hobbes** und **Gassendi** Erklärungen zu widerlegen, giebt aber selbst dafür keine andere an [c]).

Desaguliers Erläuterungen.

Dr. **Desaguliers** zeiget, wie sich die Frage von der Gestalt des Mondes im Horizonte sehr wohl beantworten lasse, wenn man annimmt, der Himmel komme uns wie ein kleines Stück einer Kugelfläche vor, weswegen wir den Mond im Horizonte weiter von uns entfernet halten, als wenn er dem Zenith nahe ist; er machet auch durch einige sinnreiche Versuche begreiflich, wie leicht wir uns in solchen Fällen

a) Robin's Tracts, vol. 2, p. 241, 244.
b) Mem. de l'Ac. de Paris 1700, p. 11.
c) Phil. Trans. ab. vol. 1, p. 221.

len betrügen. Als er setzte in Gegenwart einiger Personen zwey gleich große Lichter beträchtlich weit von einander, welche, da die Entfernung deutlich in die Augen fiel, ihnen allen gleich groß aussahen. Während daß er die Zuschauer mit etwas andern beschäfftigte, ließ er das entferntere Licht wegnehmen, und setzte dagegen, auf eben der Linie, auf welcher sie es gesehen hatten, ein anderes viel kleineres, aber den Zuschauern näher. Diese, welche zwar wußten, daß man ein anderes Licht genommen hatte, aber glaubten, daß es auf derselben Stelle stünde, wo das erste gestanden hatte, thaten immer den Ausspruch, daß es so groß wäre als das andere. Mit eben dem Erfolge machte er diesen Versuch, wenn er elfenbeinerne Kugeln statt der Lichter nahm [d]).

Smiths, Erklärung.

Am vollständigsten ist diese Frage vom Dr. **Smith** erörtert, der, ohne daran zu denken, wie es scheint, daß jemand vor ihm schon was gutes darüber gesaget haben möchte, die alte Erklärung wieder hervorzog, nachdem er vorher des Bischoffs **Berkley** Hypothese insbesondere widerleget hatte, daß der Mond wegen seines trüben Ansehens und schwachen Lichtes im Horizonte größer aussehe [e]). Weil Smiths Erklärung sehr ausführlich und befriedigend ist, und er noch sonst verschiedene artige Erläuterungen in dieser Sache hinzugefüget hat, so will ich seine Gedanken ziemlich umständlich vortragen.

Wäre die Oberfläche der Erde eine vollkommene Ebene, so würde, saget er, der sichtbare Theil derselben nicht viel weiter, als etwa 5000mal die Höhe des Auges über dem Erdboden sich erstrecken, das ist etwa auf 5 englische Meilen weit, wenn man die Höhe des Auges zwischen 5 und 6 Fuß setzet, und alles, was sich darüber hinaus befände, würde in dem sichtbaren Horizont zu liegen scheinen. Wenn man sich also jenseits der Gränze der sichtbaren Entfernung eine große Mauer aufgeführet vorstellet, so wird diese nicht gerade sondern kreisrund erscheinen, als wenn sie auf dem Umfange des Horizontes stünde, und wird, wenn sie ohne Ende weit fortgeht, vollkommen die Gestalt eines Halbkreises bekommen. Wenn nun diese Kreisfläche mit der Mauer darauf in Gedanken in die Höhe gerichtet wird, daß sie senkrecht auf die Horizontalebene zu stehen kömmt, so wird die Mauer wie die Wölbung der Wolken über eines Haupte aussehen. Wiewohl nun die Mauer, wenn sie auf dem Horizonte steht, einem Halbkreise gleicht, so wird sie dennoch als Gewölbe über unserm Kopfe nicht so, sondern flächer erscheinen, weil die horizontale Ebene eine sichtbare Fläche war, welche die Vorstellung von einerley Entfernung rings herum erregte; da hingegen in der senkrechten Ebene zwischen dem Auge und dem Gewölbe nichts vorhanden ist, was die Vorstellung von gewissen Theilen erwecken könnte. Darum werden die scheinbaren Entfernungen der Theile des Gewölbes in die Höhe hinauf allmählig abnehmen. Ist nun der Himmel ganz mit Wolken von gleicher Schwere bedeckt, so werden sie alle in der Luft in gleichen Höhen über der Erde schweben, und also eine Fläche wie ein großes Gewölbe bilden, die so flach ist, wie die sichtbare Erdfläche. Ihre Höhlung ist also nicht wirklich, sondern nur

d) Phil. Transf. ab. vol. 8. p. 130.

e) Smiths Optik, S. 418.

nur scheinbar *f*); und wenn die Höhen der Wolken ungleich sind, so kann das Auge, da man von ihrer wahren Gestalt und Größe nichts weis, selten die ungleichen Entfernungen der Wolken bemerken, die nach derselben Gegend hin erscheinen, sie müßten denn uns sehr nahe seyn und von entgegengesetzten Winden getrieben werden. In beyden Fällen bleibt also die Gestalt der scheinbaren Fläche des Himmels dieselbe. Ist der Himmel nur zum Theil mit Wolken bedecket, oder ganz frey davon, so lehret die Erfahrung, daß wir von der Höhlung desselben uns noch eben den Begriff machen, als wie er völlig bezogen war. Hält jemand die Zurückwerfung des Lichtes von der bloßen Luft dazu für hinlänglich, so will er ihm dies nicht streitig machen.

Die Höhlung des Himmels scheint dem Auge, das allein die scheinbare Gestalt beurtheilet, ein kleineres Stück einer Kugelfläche, als eine Halbkugel, oder welches dasselbe ist: der Mittelpunct dieser Wölbung liegt weit unter dem Auge, so daß, wie er durch ein Mittel aus mehrern Beobachtungen fand, die scheinbare Entfernung der Theile nahe am Horizonte ohngefehr drey bis viermal größer ist, als die Entfernung der Theile, die sich über dem Scheitel befinden. Das Mittel, wie er dieses herausbrachte, war, daß er die wahre Höhe einiger Himmelskörper maaß, wenn sie ihm in der Mitte zwischen dem Horizonte und dem Scheitelpuncte zu stehen schienen. Alsdenn war ihre Höhe nur 23 Grad. War die Sonne 30 Grad hoch, so schien der obere Bogen immer kleiner als der untere, und größer, wenn die Sonne 18 bis 20 Grad hoch stand.

Hieraus zieht Dr. Smith eine vollkommene Erklärung der Erscheinung des Mondes am Horizonte und anderer ähnlicher Ereignisse am Himmel. Denn es stelle der Bogen ABC die Hälfte der scheinbaren Höhlung des Himmels vor, und der Mondskörper befinde sich auf dem um O beschriebenen Viertelskreise in einer der abgezeichneten Stellen, immer von derselben Größe. Die ungleichen Monden auf der Höhlung ABC werden von den Sehelinien begränzet, die von dem Umfange des wahren Mondes in diesen Höhen in das Auge bey O kommen. Die Durchmesser dieser ungleichen Monden bey A und B verhalten sich also wie die scheinbaren Entfernungen OA, OB, und müssen uns vorkommen, als hätten sie wirklich das Verhältniß der Stücken, welche sie auf der scheinbaren Höhlung des Himmels einnehmen, weil wir alle Gegenstände am Himmel an keine andere Stelle als an diese Höhlung setzen. Es dünket dem Auge vollkommen so, als wenn verschiedene Monden auf einer wirklichen Fläche ABC in den angegebenen Verhältnissen gemahlet wären, in welchem Falle es sicherlich die wirklichen Größen der größer gemahlten Monden an den niedrigern Theilen der Fläche für größer halten würde, ob

fig. 118.

f) Wenn man die Wolken bis auf 4000 Fuß über der Erdfläche in gleicher Entfernung von dem Mittelpuncte der Erde setzet, so sehen wir von ihrer Wölbung nur einen Bogen von 1 Gr. 9 M. vom Zenith bis zum Horizont, und, wenn man sich selbst bis zu 20000 Fuß in die Höhe setzte, nur einen Bogen von 2 Gr. 34 M. Deswegen machen die Wolken wirklich, so weit wir sie sehen, nur ein plattes Gewölbe über unserm Kopfe aus. K.

gleich aller ihre sichtbaren Größen einerley seyn würden, weil ihre Bilder auf der Netzhaut gleich sind. Die Verhältnisse der scheinbaren Entfernungen oder Durchmesser in verschiedenen Höhen hat Smith in neben stehender Tafel angegeben, welche die Figur genau dem Auge darstellet. Sie ist aus der Voraussetzung berechnet, daß die beyden Theile der Höhlung AB, BC gleich scheinen, wenn der Winkel AOB 23 Grad groß ist.

Höhen der Sonne oder des Mondes in Graden.	Scheinbare Durchmesser oder Entfernungen.
00	100
15	68
30	50
45	40
60	34
75	31
90	30

Bestätigung.

Aus eben dem Grunde, führet unser Verfasser an, müssen alle andere Gegenstände und Entfernungen der Sterne am Himmel, so gut wie die Sonne, und der Mond in der Nähe des Horizontes größer scheinen, als sie es thun, wenn sie höher stehen, wie es auch aus der Erfahrung ganz wohl bekannt sey. Daraus leitet er noch eine andere Probe her, sich von der Richtigkeit seiner Angabe, wie die scheinbaren Größen des Mondes sich verhalten, zu versichern. Man soll zween nahe Sterne aussuchen, in einer so großen Höhe als möglich, die so weit von einander entfernet scheinen als jene beyde; darauf soll man ihre wahre Entfernung von einander, entweder auf der Sternkugel, auf der Karte, oder durch Rechnung suchen, so werde man finden, daß die Sterne nahe am Horizonte einander viel näher sind, als man sie durch Vergleichung mit den höher stehenden geschätzet hatte.

Aehnliche Erscheinung am Regenbogen und an Höfen.

Er bemerket auch noch, daß wegen dieser scheinbaren Gestalt der Wölbung des Himmels die farbichten Streifen beyder Regenbogen und ihre Entfernungen von einander unten größer als oben aussehen. Nach der Schätzung der Breite des innern Regenbogens in zwo verschiedenen Höhen, die ihm von einem Freunde mitgetheilet wurden, fand er die scheinbare Gestalt des Himmels fast eben so wie nach den obigen Methoden. Hieraus erklärte er auch, daß ein Hof um die Sonne oder den Mond nicht kreisrund und concentrisch mit diesen Körpern, sondern länglicht rund und excentrisch aussieht, so daß der längste Durchmesser auf dem Horizonte senkrecht steht, und sich von dem Monde weiter niederwärts erstrecket, wie Newton einen solchen beschreibt [g]).

Diese Theorie von der Gestalt des Mondes am Horizonte wird ferner durch die Erscheinungen der Kometenschweife bestätiget, als welche allemal, was auch ihre wahre Figur, Größe und Lage seyn mag, wie ein Bogen an dem scheinbaren Himmelsgewölbe aussehen. Zur mehrern Bestätigung führet er noch des Dr. Cotes Erklärung eines merkwürdigen von ihm gesehenen Meteors an.

Erläuterung durch einen Versuch.

Zu dieser Erklärung der Gestalt des Mondes im Horizonte, welche uns Smith gegeben, muß ich noch seine Beschreibung von einer völlig ähnlichen Erscheinung hinzu-

g) Smith's Opticks, vol. 1. p. 63. (d. d. A. S. 54.)

hinzufügen, da die scheinbare Größe mit der scheinbaren Entfernung sich verändert, und der Sehewinkel doch immer derselbe bleibt. Man klebe eine Oblate auf ein Kartenblatt, daß auf einem Bretgen befestiget ist, oder nehme dafür einen andern runden deutlichen Flecken, dessen Durchmesser wenigstens drey- bis viermal kleiner ist, als der Durchmesser des Converglases, wodurch man es betrachten will. Dieses Glas werde von dem Gegenstande genau um seine Brennweite entfernet. Man gehe so weit zurück, bis die Oblate, die man genau dahinter sieht, die Oeffnung des Glases völlig oder fast auszufüllen scheint. Nun stelle man sich unter dieser scheinbaren Größe und Entfernung der Oblate die scheinbare Größe und Entfernung des Mondes im Horizonte vor; und man wird finden, daß die scheinbare Größe der Oblate, so wie man allmählig dem Glase sich wieder nähert, in gleichem Verhältnisse mit ihrer scheinbaren Entfernung abnimmt. Diese beyde Erscheinungen kommen, saget er, in demjenigen Umstande überein, der einzig und allein die Schwierigkeit bey der Erklärung der Gestalt des Mondes ausmacht: nämlich, daß die Sehewinkel, unter welchen die Oblate und der Mond gesehen werden, unverändert bleiben. Er konnte auch nicht finden, daß beyde Erscheinungen in irgend einem Umstande nicht übereinkämen, weil die durch das Linsenglas kommende Strahlen das Auge nicht anders rühren, als wenn sie gerade durch ein ebenes Glas von einer gleich dahinter befindlichen zunehmenden oder abnehmenden Oblate gekommen wären [h]).

Hebung eines Einwurfs.

Gegen die Smithische Erklärung ließe sich einwenden, daß der Mond von der Spitze eines Berges betrachtet größer aussehen müßte, als auf der Ebene, weil man von oben mehr übersieht, welches, wie Smith selbst glaubt, der Erfahrung zuwider seyn möchte. Aber, saget er, ein jeder Anblick des Mondes und des Horizontes zusammen, kann nicht sowohl für sich allein die Vorstellung einer gewissen bestimmten Größe ihrer Scheibe von neuem hervorbringen (dazu ist unser Schätzungsvermögen zu schwach und unzuverläßig); sondern erwecket in uns vielmehr eine alte eingewurzelte Vorstellung, die aus einer vielfältigen Betrachtung mancherley Monden und horizontaler Aussichten entstanden ist. Unser Begriff von der Größe des Mondes im Horizonte ist also ein Mittel, aus allen unsern Beobachtungen genommen, und sitzt in unserer Seele so feste, daß er durch eine einzelne Beobachtung nicht verändert, sondern bestätiget wird. Eben dieses läßt sich von unserer Vorstellung des Mondes in jeder besondern Höhe sagen. Diese alten Begriffe bleiben uns gegenwärtig, wenn wir auch den Horizont, und selbst den Himmel herum nicht

h) Smith's Opticks, Remarks, p. 49. (d. d. A. S. 413. Es ist noch ein Umstand übrig, worinn sie nicht übereinkommen. Man referiret die Oblate zugleich auf die Oeffnung des Glases. Je näher man dem Glase kommt, desto größer wird das Gesichtsfeld. Die scheinbare Größe der Oeffnung bleibt dieselbe, also muß die Oblate kleiner scheinen. Ob sie dem Auge näher komme, darüber blieb ich bey dem Versuche, da ich ihn nachmachte, ungewiß. Buchstaben schienen mir vergrößert, aber in jeder Lage des Auges ohngefehr dieselben, bis sie undeutlich wurden und Farben spielten, weil ich nur die um den Rand des Glases durchgehende Strahlen bekam. K.)

nicht sehen, als wenn man den Mond durch ein Rohr betrachtet. Wenn es sich unter vielen Fällen einmal, wiewohl selten, zuträgt, daß das Bild des horizontalen Mondes durch gewisse Ursachen merklich verändert wird, so wird eine so stark wirkende Ursache unsern alten Begriff von der gewöhnlichen Größe des Mondes verändern, wie man sich begreiflich machen kann, wenn man den Mond durch ein Brillenglas betrachtet, das man etwas vom Auge beweget [i]).

Aehnlichkeit des Himmels mit einer Muschellinie.

Herr Folkes, dem Dr. Smith seine Bestimmung der scheinbaren Gestalt des Himmels mittheilte, erinnerte dabey, daß ihm der Himmel oft wie eine Muschellinie ausgesehen hätte, worinn Smith ihm auch Beyfall gab, wiewohl er glaubet, daß das Verhältniß der scheinbaren Entfernungen nach dem Scheitelpuncte und dem Horizonte hin, und die Art sie zu bestimmen, dadurch nicht merklich verändert werden [k]).

Daß der Mond dennoch zu verschiedenen Zeiten in eben dem Horizonte von sehr verschiedener Größe und bisweilen außerordentlich groß aussieht, gesteht Dr. Smith ein, leitet es aber von einer starken Vergrößerung des Bildes auf der Netzhaut her, welches in der obigen Theorie als unveränderlich angenommen ward. Am besten ließe sich dieses, wie er glaubet, ausmachen, wenn man den Durchmesser des Mondes mittelst eines Mikrometers beobachtete, oder in dessen Ermangelung nur die Zeit mit dem Stande der Wettergläser bemerkete. Denn sollte alsdenn sich zeigen, daß der Mond im Horizonte am größten scheint, wenn er in der Erdnähe ist, in den wärmsten Sommerabenden, bey niedrigem Barometer, so möchte man, da diese Ursachen keine mit der andern zusammenhiengen, und jede das ihrige beyträgt, das Bild größer zu machen, mit Grunde daher schließen, daß das große Aussehen des Mondes hauptsächlich der Zusammenstimmung dieser drey Ursachen zuzuschreiben ist [l]). Weil aber doch die scheinbare Größe des Mondes in der Erdnähe nicht um $\frac{1}{16}$ des Ganzen vermehret wird, und die Vergrößerung des Bildes in allen den andern hier angeführten Fällen zu unbeträchtlich ist, so muß wohl, wenn der Mond ungewöhnlich groß aussieht, ein Betrug der Einbildung durch andere nicht bemerkte Umstände vorgehen.

Zusatz des Uebersetzers.

Der Mond erscheint aber doch in andern Phasen, so viel ich weis, am Horizonte nie vergrößert, wie er es nach Smiths Erklärung thun müßte. Zweytens, es wird zwar von allen angenommen, daß der Mond am Horizonte entfernter scheine, als in der Höhe; verschiedene aber, die ich um ihre Empfindung befraget, versichern das Gegentheil, und ich möchte selbst ihnen wohl beytreten. Denn wenn gleich der Wolken- oder der blaue Lufthimmel wie ein gedrucktes Kugelgewölbe erscheint,

i) Remarks, p. 54. (D. d. A. S. 417.) k) Ibid. p. 52.
l) Ibid. p. 53.

scheint, so folget doch nicht, daß wir die scheinbaren Größen der Mondsscheibe am Horizonte und im Meridian nach dem Verhältnisse der scheinbaren Größe der Stellen, welche sie an dem Himmelsgewölbe einnimmt, schätzen, weil wir zween Monden nicht zu gleicher Zeit an diesen Stellen sehen, und weil es noch nicht ausgemachet ist, daß wir den Mond just an das scheinbare Luftgewölbe setzen.

Wenn nicht der zuerst angeführte Grund im Wege stünde, so hätte ich mehr Lust der vom Hrn. **von Haller** *) gegebenen Erklärung beyzutreten, die sich darauf gründet, daß überhaupt Körper in der Höhe kleiner scheinen, als auf der Ebene. Denn ich glaube wohl, daß ein Knopf auf einem hohen Thurme, wenn er auf die Ebene herunter gebracht würde, größer erscheinen möchte als er in der Höhe schien. Man hat nämlich auf der Ebene oft Gelegenheit, denselben Körper sowohl nahe als ferne zu betrachten, und daher präget sich ein gewisses sinnliches Bild von seiner Größe der Seele ein, wie sie es in einer bequemen Entfernung gefasset hat, so daß wir deswegen überhaupt die Körper auf der Ebene für größer zu halten gewohnt seyn mögen, als sie uns in der Höhe in eben der Entfernung vorkommen würden. Mit der größern scheinbaren Größe verbinden wir zugleich den Begriff der kleinern Entfernung.

Man müßte noch den Versuch machen, eine brennende Fackel sowohl in der Dämmerung als bey dunkler Nacht zu betrachten, um zu sehen, wie ihre scheinbare Größe und Entfernung sich in beyden Fällen verhielten. Wiewohl, wenn es an der Dämmerung läge, der Mond in jeder Phase zur Zeit der Dämmerung größer erscheinen müßte.

In dem dritten Theile der Briefe an eine deutsche Princessinn S. 317 ff. ist diese Frage umständlich abgehandelt. Weil die Himmelskörper, saget der Verfasser, am Horizonte dunkler erscheinen, als in der Höhe, so scheinen sie uns entfernter, und dies ist zugleich die Ursache, warum der Himmel uns als ein plattgedrucktes Gewölbe erscheint.

Achtes Kapitel.

Verschiedene Arten Gesichtsbetrüge.

Mancherley Gesichtsbetrüge sind schon in den vorhergehenden Kapiteln angeführet und erkläret worden, und einige von denen, die in diesem Kapitel abgehandelt werden sollen, hätten auch wohl in den obigen schon ihren Platz finden können: weil ich aber nichts unter eine Ueberschrift bringen wollte, das nicht ganz offenbar darunter gehörete, so habe ich dergleichen Anmerkungen für ein Kapitel von vermischtem Innhalte verspart, das wegen einiger merkwürdigen Materien, dem Leser, wie ich hoffe, etwas Unterhaltung verschaffen soll.

Merkwürdige Fragen das Sehen betreffend.

Hr. **Molyneux** gab eine Frage, das Sehen betreffend, auf, die viel Aufsehen und Streit unter den Optikern und Metaphysikern erreget hat. Sie ist diese, ob

*) Physiol. T. 5. p. 521.

ob ein Blindgebohrner, der durch das Gefühl einen Würfel und eine Kugel von einander unterscheiden gelernet hat, beyde durch den bloßen Anblick unterscheiden würde, wenn er sein Gesicht wieder bekäme. **Molyneux** selbst beantwortet diese Frage mit Nein, und **Locke** tritt seiner Meynung bey, aus dem Grunde, weil die durch das Gesicht und Gefühl erhaltenen Vorstellungen keine natürliche Verbindung mit einander haben, sondern bloß durch eine willkührliche Vergesellschaftung der Begriffe, wie Worte mit den bezeichneten Sachen, verknüpfet sind [a]). Allein Dr. **Jurin** erinnert dagegen, daß der Blindgewesene, dem man beyde Körper zeiget, und saget, daß einer der Würfel, der andere die Kugel sey, woferne er anders um sie herumgehen darf, bey genauer Betrachtung finden muß, daß die Kugel das Gesicht von allen Seiten auf einerley Art rühret, wie sie es bey dem Anfühlen that; dagegen der Würfel von verschiedenen Seiten befühlet oder gesehen, sich sehr verschieden zeigen muß: daher er also im Stande seyn müsse zu entscheiden, welches der Würfel und welches die Kugel sey [b]).

Ich kann nicht umhin, Jurins Beantwortung der Frage beyzutreten. Die Bilder auf der Netzhaut geben zwar sicherlich keinen Begriff von etwas anderm, als von ebenen Flächen; sie sind aber doch so gut von einander unterschieden, wie die vorgestellten Flächen selbst, die man also deshalb von einander muß unterscheiden können. Man muß sehen können, daß ein Kreis kein Quadrat ist, ob man gleich ein Quadrat nicht von einem Würfel, oder eine flache Scheibe von einer Kugel zu unterscheiden im Stande seyn mag, wenn man nicht ihre verschiedenen Erscheinungen in verschiedenen Lagen aufmerksam betrachtet.

Geschichte eines Sehendgewordenen.

Da **Chesseldens** Nachricht von dem jungen Menschen, dem er den Staar gestochen, über diesen Punct oft angeführet wird, so würde ich ein wichtiges Beweisstück weglassen, wenn ich sie hier nicht anführen wollte, welches ich also mit seinen eigenen Worten, wie Smith es auch gethan hat, hersetzen will. Ich entschließe mich dazu um desto lieber, weil diese Nachricht in andern Absichten mit meiner Materie sehr zusammenhängt, und sie nicht anders als sehr unterhaltend für meine Leser seyn kann.

Obgleich dieser junge Mensch **blind** war, wie man alle Leute nennt, die reife Staare haben, so sind sie darum doch nicht so blind, daß sie nicht Tag und Nacht unterscheiden könnten. Meistens unterscheiden sie bey starkem Lichte schwarz, weiß und Scharlach; erkennen aber die Gestalt der Sachen nicht. Denn das Licht, dadurch sie diese Empfindungen bekommen, fällt schief durch die wässerichte Feuchtigkeit auf die Vorderfläche der Krystallenlinse, so daß die Strahlen sich nicht auf einem Puncte der Netzhaut vereinigen können. Daher können sie die Sachen nicht anders von einander unterscheiden, als ein gesundes Auge, das durch eine Gallerte voll Risse sähe, wo eine Mannichfaltigkeit von Flächen das Licht auf eine so verschiedentliche Art bricht, daß die verschiedenen Strahlenkegel nicht können in ihre gehörigen

a) Essai concerning human understanding, B. 2, ch. 9. §. 8. K.

b) Smith's Opticks, Remarks, p. 27 (d. d. A. S. 39, 394.)

rigen Vereinigungspuncte gesammelt werden; daher auf solche Art sich wohl die Farbe aber nicht die Gestalt der Sachen erkennen läßt. So verhielt es sich auch mit diesem jungen Menschen; er kannte die Farben bey starkem Lichte, aber nachdem ihm der Staar gestochen war, reichten die schwachen Begriffe, die er zuvor von ihnen gehabt hatte, nicht zu, sie ihm noch kenntlich zu machen, und er hielt sie daher nicht für dieselben, die er zuvor unter diesem Namen gekannt hatte. Scharlach schien ihm unter allen Farben die schönste, und die lebhaftesten unter den übrigen gefielen ihm am besten. Da er zum erstenmale schwarz sahe, war es ihm sehr zuwider; doch wurde er es bald gewohnt, wiewohl er, da er einige Monate darauf eine Mohrinn zu sehen bekam, gewaltig erschrack.

Anfangs, nachdem er sein Gesicht bekommen hatte, wußte er so wenig von Entfernungen zu urtheilen, daß er sich vielmehr einbildete, alle Sachen, die er sähe, berühreten seine Augen, wie das, was er fühlte, seine Haut. Keine Sachen waren ihm so angenehm, als glatte und ordentliche, ob er wohl von ihrer Gestalt nicht urtheilen oder errathen konnte, was ihm in einer Sache gefiele. Er machete sich keinen Begriff von der Gestalt einer Sache, unterschied auch keine Sache von andern, so verschieden sie auch an Gestalt und Größe waren; wenn man ihm aber sagte, was das für Dinge wären, die er zuvor durchs Gefühl erkannt hatte, so betrachtete er sie sehr aufmerksam, um sie wieder zu kennen; weil er aber auf einmal zu viel Sachen zu lernen hatte, vergaß er immer wieder viel davon, und lernete, wie er sagte, in einem Tage tausend Dinge kennen, und vergaß sie wieder. Zum Exempel, er hatte oft vergessen, welches die Katze und welches der Hund war, und schämte sich weiter darum zu fragen, fieng also die Katze, die er durch das Gefühl kannte, betrachtete sie sehr genau, setzete sie nieder, und sagte: So Miezchen, nun will ich dich ein andermal kennen. Er verwunderte sich sehr, daß die Sachen, die ihm mittelst des Gefühls am besten gefallen hatten, nicht auch seinem Gesichte am angenehmsten waren; er hatte erwartet, die Personen, denen er am meisten gewogen war, sollten am schönsten aussehen, und was ihm am besten schmeckte, auch am besten in die Augen fallen. Man glaubte, er würde bald verstehen lernen, was Gemälde vorstelleten, es zeigete sich aber das Gegentheil. Denn zween Monate, nachdem ihm der Staar gestochen war, machete er plötzlich die Entdeckung, daß sie Körper, Erhöhungen und Vertiefungen vorstelleten; bis dahin hatte er sie nur als buntscheckichte Flächen angesehen. Dabey aber erstaunete er nicht weniger, daß sich die Gemälde nicht so anfühlen ließen, wie die Dinge, welche sie vorstelleten, und daß die Theile, welche durch ihr Licht und Schatten rund und uneben aussahen, flach, wie die übrigen anzufühlen waren. Er fragete, welcher von seinen Sinnen ihn betröge, das Gefühl oder das Gesicht.

Als man ihm seines Vaters Bild in einem Angehänge an seiner Mutter Uhr zeigete, und ihm sagte, was es wäre, erkannte er es für ähnlich, wunderte sich aber sehr, daß ein großes Gesicht sich in einem so kleinen Raume vorstellen ließ, welches ihm, wie er sagte, so unmöglich würde geschienen haben, als einen Scheffel in eine Metze zu bringen.

Anfangs konnte er wenig Licht vertragen, und hielt alles, was er sahe, für ungemein groß; als er aber größere Sachen sahe, hielt er jene für kleiner, weil er sich gar keine Linien außerhalb des Umfanges, den er sahe, vorstellen konnte. Daß das Zimmer, worinne er wäre, ein Theil des Hauses sey, sagte er, wüßte er wohl, könnte aber nicht begreifen, wie das ganze Haus größer als das Zimmer aussehen könnte. Ehe ihm der Staar gestochen wurde, versprach er sich wenig Vortheil vom Sehen, der ihn reizen könnte, sich der Operation zu unterwerfen, ausgenommen Lesen und Schreiben; denn, sagte er, er glaubte, er könnte doch nicht mehr Vergnügen vom Spatzierengehen im Garten haben, welches er bey seiner Blindheit ohne Anstoß verrichten konnte. Ja die Blindheit hatte ihm auch den Vortheil gebracht, daß er nachdem im Finstern viel besser allenthalben herum gehen konnte, als einer, der sein Gesicht beständig gehabt hatte. Er behielt diesen Vortheil noch einige Zeit, und verlangte nicht leicht ein Licht, im Hause bey Nacht herum zu gehen. Jede neue Sache, sagte er, wäre eine neue Ergötzung für ihn, und sein Vergnügen war so groß, daß er es nicht auszudrücken vermochte. Seine Dankbarkeit gegen den, der ihm das Gesicht verschaffet hatte, war außerordentlich; er konnte ihn eine Zeitlang nicht ohne Freudenthränen und andere Beweise seiner Zuneigung ansehen. Ein Jahr nachdem er sein Gesicht wieder erhalten hatte, brachte man ihn auf die Dünen von Epsom, wo er eine weite Aussicht hatte: diese ergötzete ihn gar sehr, und war ihm, wie er sagte, eine neue Art von Sehen. Als ihm der Staar an dem andern Auge gestochen ward, kamen ihm, wie er sagte, die Sachen mit diesem Auge größer vor, doch nicht so groß, als sie ihm Anfangs mit dem ersten erschienen. Wenn er einerley Sache mit beyden Augen ansahe, so kam sie ihm etwa noch einmal so groß vor, als mit dem zuerst erhaltenen allein; aber doppelt sahe er nichts, so viel man entdecken konnte.

Herr Chesselden hat noch verschiedenen andern zu ihrem Gesichte verholfen, die sich nicht erinnerten, jemals gesehen zu haben. Sie gaben alle von der Art, wie sie sehen lernten, denselben Bericht, wie jener junge Mensch, nur nicht so umständlich; und hatten alle das gemein, daß sie ihre Augen nicht zu bewegen wußten, weil sie nie Gelegenheit dazu gehabt hatten. Endlich lerneten sie es, doch langsam [c]).

Anmerkung von dem einfach sehen.

Am sonderbarsten ist es, daß nach dieser Erzählung die Sachen nicht doppelt erschienen sind, da diese Personen sie zum erstenmale mit beyden Augen angesehen haben, ungeachtet aus andern Gründen zu erhellen scheint, daß wir bloß mittelst einer schnellen Vergesellschaftung der Begriffe, die durch eine öftere Erfahrung entsteht, eine Sache als einfach erkennen, ungeachtet in jedem Auge ein Bild derselben vorhanden ist. Dr. Reid, der, wie wir oben gesehen haben, anderer Meynung ist, vergißt nicht sich diese von Chesselden angeführte Bemerkungen zum Vortheil seiner Hypothese zu Nutze zu machen.

Wie eine Sache verkehrt erscheinen könne.

Einen artigen Gesichtsbetrug, da eine Sache auf der andern Seite eines Brettes, als wo sie wirklich ist, und dabey sowohl vergrößert als verkehret zu seyn scheint,

c) Smith's Optiks, vol. 1, p. 42. (d. d. A. S. 40.)

scheint, erkläret le Cat ganz richtig. Die Sache ist folgende. Es sey D das Auge, und CB ein großes schwarzes Brett, mit einem kleinen Loche in der Mitte. E ist ein großes weißes Brett vor jenem, das stark erleuchtet wird, und d eine Nadel oder eine andere kleine Sache, welche zwischen dem Auge und dem ersten Brette gehalten wird. Unter diesen Umständen wird man die Nadel jenseits des Brettes in F setzen, und sie für umgekehret und vergrößert halten. Denn was man eigentlich empfindet, ist der Schatten der Nadel auf der Netzhaut, und das Licht, was von dem obern Ende der Nadel aufgefangen wird, kömmt von dem untern Theile der weißen Tafel her, so wie das von dem untern Ende aufgefangene Licht von dem obern Theile der Tafel herkömmt, weswegen der Schatten nothwendig in einer verkehrten Lage, in Absicht auf die Sache, empfunden werden muß [d]).

fig. 119.

Scheinbare Anschwellung einer Sache.

Noch eine merkwürdige Erscheinung beym Sehen, die einige von der Beugung des Lichtes hergeleitet haben, welche aber Melville auf eine ganz andere und zwar sehr natürliche Art erkläret, ist folgende. Man halte einen undurchsichtigen Körper drey oder vier Zoll vom Auge, so daß man einen Theil eines entferntern hellen Gegenstandes, als eines Fensters, oder einer Lichtflamme, durch Strahlen sieht, welche nahe bey dem Rande jenes Körpers vorbey fahren, und führe nur von der andern Seite, näher bey dem Auge, einen andern Körper auf jenen zu, so wird der Rand des ersten sich ausdehnen und dem andern entgegen zu kommen scheinen, und dabey wird ein Theil des hellen Körpers, das man vorher sahe, dem Auge entzogen werden.

fig. 120.

Seine Erklärung ist folgende: Es sey AB der helle Gegenstand, auf welchen man die Augen gerichtet hat, CD der entferntere undurchsichtige Körper, GH der nähere, und EF die Weite der Oeffnung des Auges. Man ziehe ED, FD, EG, FG, und verlängere sie bis an AB, in K, N, M und L. Die Theile AN, MB des hellen Gegenstandes können also nicht gesehen werden. Aber ein Punct a zwischen N und K wird gesehen, da er, wenn man aDd zieht, den Theil dF der Augenöffnung mit Lichte erfüllet. Ein anderer Punct b zwischen a und K erfüllet mit seinen Strahlen einen noch größern Theil fF der Augenöffnung, und erscheint deswegen heller als jener, und noch heller ein Punct c, der noch näher nach K hin liegt, weil er einen noch größern Raum gF der Oeffnung des Auges mit Lichte erfüllet. Am hellsten erscheinen die Puncte von K bis L, weil die Strahlenkegel von ihnen, wie EKF, ELF das ganze Auge einnehmen. Auf der Seite von L nach M nimmt die Helligkeit eines jeden Punctes eben so allmählig ab, wie von K nach N; das heißt, die Räume KN, LM werden als trübe, schattichte Säume zunächst an den Rändern der undurchsichtigen Körper CD, GH, erscheinen.

Wird nun der Rand G bis an die Linie KF gebracht, so fallen die beyden Halbschatten in eins, und sobald er die Linie NDF berühret, fängt sich die vorhin beschriebene Erscheinung an zu zeigen, weil er nicht darüber hingehen kann, ohne

d) Traité des Sens, p. 298 (S. dies. Uebers. 1 Th. 158 S. Ich finde, daß dieser Versuch schon Scheinern zugeschrieben wird. K.

eine Linie, wie a D d, von einem Puncte zwischen N und K zu treffen, und daher diesen Punct zu verdecken. Solchergestalt wird bey weiterm Fortrücken, ein Punct nach dem andern, wie b, c, etc. von N nach K zu allmählig verdecket werden, und daher wird der Rand des unbewegten Körpers CD sich nach außen hin auszudehnen, und den ganzen Raum NK zu verdecken scheinen, während daß GH durch sein Fortrücken den Raum MK verdecket. Wird GH etwas weiter vom Auge gehalten, ohne den Ort von CD zu ändern, so ist der Raum OP, durch den GH gehen muß, um NK zu verdecken, kleiner als vorher, und daher muß, bey einerley Bewegung von GH, die scheinbare Ausdehnung von CD geschwinder erfolgen, welches auch mit der Erfahrung übereinstimmet.

Aehnlicher Fall.

Ist ML ein leuchtender Körper, und REFQ eine davon erleuchtete Fläche, so wird der Raum FQ ganz im Schatten liegen, und der Raum FE wird von einem Halbschatten eingenommen seyn, der von E nach F hin allmählig dunkler wird. Man lasse nun GH unbewegt seyn, aber CD sich parallel mit der Ebene EF bewegen: so muß, sobald wenn CD über die Linie LF gekommen ist, der Schatten QF sich auszudehnen scheinen, und wenn CD die Linie ME erreichet hat, daß durch dessen Schatten der Raum RE bedecket wird, so wird der Schatten QF sich so weit ausgedehnet haben, daß er FE bedecket. Auch dieses wird von der Erfahrung bestätiget [e]).

Verkehrung des erhabenen und vertieften.

Vom Hrn. P. F. **Gmelin** hat man eine Nachricht von einigen ihm vorgekomenen merkwürdigen Gesichtsbetrügen, da durch Fernröhre oder zusammengesetzte Mikroskope die hervorragenden Theile der Gegenstände vertiefet, und die vertieften hervorragend geschienen, aber nicht bey jeder Sache, auch nicht jederzeit bey derselbigen, auch nicht einem jeden Beobachter. Nach vielen Versuchen fand er folgende Ereignisse als unveränderlich. So oft er irgend eine Sache, die sich über einer Fläche erhob, von welcher Farbe sie auch seyn mochte, nur nicht weiß oder glänzend, durch das Seherohr so betrachtete, daß sein Auge nebst der Axe des Rohres gerade darauf gerichtet waren, so erschienen die erhabenen Theile vertiefet und die vertieften erhaben. So verhielt es sich, wenn er ein Siegel betrachtete, und er dabey das Rohr senkrecht hielt, auch das Siegel so stellete, daß es mit seiner Fläche das letzte Glas des Fernrohres fast ganz einnahm; so verhielt es sich auch mit dem zusammengesetzten Mikroskope. So oft er aber andere senkrecht herabhängende Gegenstände so betrachtete, daß das Seherohr horizontal und senkrecht darauf gerichtet war, so ereignete sich eben dieses nicht [f]) immer; und die Gestalt der Sache änderte sich nicht, wenn sie schief, ja selbst horizontal gehalten ward. Endlich entdeckte er ein Mittel, die Sachen immer mit der natürlichen Lage ihrer Theile erscheinen zu machen, dieses nämlich, daß er seinen Blick nicht gleich auf den Mittelpunct der Vertiefung, sondern zuerst auf ihren Rand richtete, und darauf nach und

nach

e) Edinb. Essays, vol. 2, p. 55.

f) Das nicht habe ich muthmaaßlich hineingerücket; K.

nach das Ganze übersah. Den Grund dieser Erscheinungen wußte er nicht anzugeben g). Er läßt sich aus einer allgemeinen nach Porterfield oben angeführten Bemerkung herleiten.

In Birch Geschichte der Königl. Gesellschaft, B. 2. S. 348. wird erzählet, daß bey einer ihrer Zusammenkünfte, da ein zusammengesetztes Mikroskop von einer neuen Einrichtung vorgezeiget ward, und verschiedene Mitglieder eine Guinee dadurch betrachteten, einige derselben das Gepräge vertiefet, einige es erhaben gehalten hätten.

Zusatz des Uebersetzers.

Einen besondern Gesichtsbetrug, durch welchen schwarz sich in Scharlach zu verwandeln scheint, erkläret Hr. **Beguelin** in den neuen Memoiren der Berliner Akademie vom J. 1771. S. 8. Durch eine solche Erscheinung sind einmal einige in der Geschichte sehr berühmte Personen in eine große Bestürzung gerathen. **Heinrich** IV. König von Frankreich ist es, dem sie begegnet ist, und der, nach des **de Thou** Berichte, sie hernach in einer Anrede an das Parlament selbst erzählet hat. Er hatte sich mit dem Herzoge **von Guise** an den Tisch gesetzet, um in Würfeln zu spielen, als sich darauf Blutstropfen zeigeten, die, ungeachtet sie ein paarmal abgewischet wurden, doch wieder erschienen, ohne daß man ausfündig machen konnte, woher sie entstanden wären. **Voltaire**, der diese Begebenheit nach dem P. **Daniel** erzählet, ist mit ihrer Erklärung bald fertig. Der P. Daniel, saget er, hätte wohl so viel Physik wissen können, daß schwarze Puncte (denn nach ihm haben sich die Blutstropfen auf den Würfeln gezeiget) roth aussehen, wenn sie mit den Sonnenstrahlen einen gewissen Winkel machen; davon kann sich ein jeder beym Lesen überzeugen, und so geht es mit allen Wunderzeichen.

Inzwischen ist das, worauf sich Voltaire berufet, doch nicht wahr; Hr. Beguelin hat es auf alle mögliche Art versuchet, und nicht finden können. Zufälliger

g) Philos. Trans. ab. vol. 10. p. 31. (Der Grund muß wohl darinn liegen, daß man das Licht von der unrechten Seite herkommen läßt. Denn unser Urtheil vom erhabenen und vertieften beruhet ursprünglich auf der Wahrnehmung des Schattens und Lichtes. Wenn der Gegenstand durch das Werkzeug verkehret wird, und man vergißt, die Seite, von der das Licht kömmt, zugleich mit zu verwechseln, so muß natürlicher Weise die Verwandlung des erhabenen und vertieften in einander erfolgen.

Die Beobachtung ist schon ziemlich alt. Der P. Abat führet in den Amusemens Philosophiques (Amsterd. 1763) p. 308 an, daß Joblot in der Description de plusieurs nouveaux microscopes, vom Jahr 1712. die Erscheinung, umständlich beschrieben habe. Dieser hat gefunden, daß bey fortgesetzter Beobachtung die Erhabenheiten in Vertiefungen, und diese in jene wechselsweise sich verwandelt haben. Auch hat Bose um das Jahr 1747 ohngefähr zu gleicher Zeit mit Gmelin seine Beobachtungen hievon bekannt gemacht. Er nahm unter andern die Röhre mit den drey Augengläsern aus einem Erdrohre dazu. K.

Weise fand er aber einmal, daß sich die schwarzen Buchstaben in hellrothe verwandelten, allein da hatte er die Sonne, welche niedrig stand im Gesichte, und die Schrift war im Schatten. Er erkläret diese Erscheinung so. Die Sonnenstrahlen, welche durch die fast geschlossenen Augenlieder fallen, erwecken auf der Netzhaut die Empfindung der rothen Farbe *); der weiße Raum des Papieres erscheint inzwischen weiß, weil der Eindruck stark genug ist, um die Empfindung der rothen Farbe zu verdrängen; dahingegen die schwarzen Buchstaben, welche sehr wenig oder gar kein Licht ins Auge senden, den Stellen der Netzhaut, wohin ihre Bilder fallen sollten, die Empfindung der rothen Farbe lassen. Auf eine solche Art mag auch wohl die erst angeführte Erscheinung entstanden seyn, wiewohl man, aus Mangel umständlicher Nachrichten, eine ganz befriedigende Erklärung davon zu geben nicht im Stande ist.

II. Wenn man eine zum Theil mit Wasser gefüllte Bouteille vor einem Hohlspiegel, jenseits des Mittelpunctes von seiner Fläche an zu rechnen, hält, so scheint in dem Bilde, das sich verkehrt darstellet, derjenige Theil leer, der in der Bouteille mit Wasser gefüllet ist, und derjenige mit Wasser gefüllet, der in jener leer ist, man mag die Bouteille aufrecht oder umgekehret halten. Der P. Abat, der in seinen amusemens philosoph. p. 242 ff. diese Erscheinung umständlich beschreibt, welche, wie er saget, von einem seiner Freunde zuerst gemachet ist, giebt zur Erklärung derselben folgendes an. Wir sind nicht gewohnt, Wasser in einem Gefäße frey schweben zu sehen, also sind wir, da ohnedem die Farbe der Luft und des Wassers wenig von einander unterschieden sind, gezwungen, das Wasser in dem Bilde zu unterst zu setzen, wenn wir auch wissen, daß es zu oberst seinen Platz hat. Ich möchte doch lieber auf folgende Art, die mir natürlicher vorkömmt, die Sache erklären. Der leere und gefüllte Theil der Bouteille werfen nicht gleich viel Licht auf den Spiegel, daher erscheinen die beyden Theile des Bildes ungleich helle, und nun halten wir den untern Theil des Bildes für den Theil, der mit Wasser gefüllet ist, so wie wir allemal, wenn wir ein gläsernes zum Theil gefülltes Gefäße vor uns sehen, den vollen Theil zu unterst setzen werden, er mag uns heller oder dunkler als der leere Theil aussehen. Am besten, saget Abat, nimmt sich der Versuch, mit Bouteillen aus, die nicht vollkommen weiß, sondern etwas grünlicht sind. Wenn man die Bouteille umkehret und sie auslaufen läßt, so scheint sich ihr Bild zu füllen, den Augenblick aber, da sie ausgeleeret ist, sieht ihr Bild leer von Wasser aus. Diese Erscheinungen werden sich mit meiner Erklärung auch gut vereinigen lassen.

III. Ich bedaure, daß mir eine Hoffnung fehlgeschlagen ist, dem Leser Beobachtungen über das Sehen mitzutheilen, die ich vom Herrn Prof. Büsch in Hamburg zu erhalten gedachte, und welche diesem Buche gewiß eine nicht geringe Zierde würden verschaffet haben. Indessen kann ich doch eine hieher gehörige merkwürdige

*) Herr B. hätte zur mehrern Bestätigung anführen können, daß die Finger, wenn man damit die Oeffnung in einem verfinsterten Zimmer bedecket, wie ein glühend Eisen erscheinen.

dige Wahrnehmung anführen, welche er mir neulich bey seiner Durchreise mündlich mitgetheilet hat. Er hätte oft bemerket, erzählete er mir, wenn er über die Elbe gefahren, daß das Wasser, welches Wellen geschlagen, dennoch in einer Entfernung von etwa dreyviertel Meilen eine spiegelglatte Oberfläche bekommen hätte, in welcher sich der daran liegende Deich mit seinen Bäumen abgebildet. So hätte er auch wohl auf großen Ebenen oder Heiden in der Ferne Wasser, und darinn die Gegenstände abgespiegelt zu erblicken geglaubet, und sich sehr gewundert, daß ihn der Postillion versichert, es wäre in der Gegend kein Wasser. Der Anschein der Spiegelfläche in jenem Falle, und des Wassers in diesem lasse sich daraus erklären, daß er von der Luft, die über demjenigen Theile der Erdfläche, der zwischen der sichtbaren horizontalen Ebene und den entlegenen höhern Gegenständen gelegen, gleichsam eine Fortsetzung dieser Ebene machte, die Lichtstrahlen bekommen hätte. Die Ursache des Umstandes wegen des Abspiegelns der entfernten Gegenstände hatte mein Freund zwar auch entdecket, konnte sich nur nicht gleich darauf besinnen. Ich vermuthe, daß es eine Vergesellschaftung der Vorstellungen gewesen, weil wir niemals eine wirkliche spiegelnde Fläche ohne die Bilder der benachbarten Gegenstände sehen.

IV. Eine wichtige Anmerkung für den Zeichner, der sich der Camera obscura bedienen will, findet sich in eben dieses Gelehrten **Encyklopädie der mathem. Wissenschaften.** S. 118. Dieses überhaupt nützliche Instrument kann den Maler verführen, daß er, wenn er sich blindlings daran hält, wirklich schlecht malet, und das Gesicht nicht so täuschet, als er es sicher zu thun glaubte. Denn es entwirft freylich die Objecte in eben dem Verhältnisse der Größe, wie sie in das menschliche Auge fallen und sich in demselben malen, nämlich nach dem Verhältnisse der Gesichtswinkel; aber unsere Seele urtheilet über die Größe nicht aus dem Gesichtswinkel allein, sondern hat mehrere Data dazu. Wer nun richtig malen will, muß wirkliche Gegenstände so in sein Gemälde bringen, daß das Auge des Anschauers eben so über die Entfernung und Größe zu urtheilen geleitet wird, wie in der Natur selbst. Weil nun bey einem Gemälde die übrigen Gründe wegfallen, woraus man die Größe und Entfernung der Gegenstände sonst beurtheilet, so muß der Maler dieselben nicht so auszeichnen, wie sie sich in der Camera obscura abwerfen, sondern so groß, als sie der Seele in ihrem aus allen Datis zusammen bestimmten Urtheile vorkommen. Er muß sie also bloß nützen, um die Lage und Ordnung der Gegenstände in gehöriger Richtigkeit zu zeichnen; aber nachher muß er diese selbst fleißig ansehen, um das Bild in allen Stücken ähnlich zu machen.

Die Richtigkeit dieser Anmerkungen habe ich besonders bestätiget gefunden, als ich eine Anzahl kleiner mit vielen Bäumen und Hecken versehener Gärten mit einer dahinter liegenden Reihe ziemlich hoher Häuser in der Camera obscura sich abbilden ließ. Alles schien dicht hinter einander zu liegen, die Häuser viel zu nahe, zu deutlich in den kleinen Theilen als den Ziegeln der Dächer, zu lebhaft in den Farben, und ich denke auch zu groß. Aber das Helldunkle des Baumschlages hätte man schon davon nehmen können. Auf die Perspectiv, dachte ich, ließe sich diese

Anmer=

Anmerkung auch anwenden, so daß ein Perspectivmaler die geometrischen Regeln dem Gesichte zu gefallen, wohl in einigen Stücken etwas verletzen müßte.

Dreyzehnter Abschnitt.

Erfindungen und Verbesserungen optischer Werkzeuge.

Die wichtigste Verbesserung optischer Werkzeuge, welche in dieser Periode, und zwar aus ganz neuen Grundsätzen, gemachet worden, ist diejenige, welche wir Dollonden zu danken haben, und wovon oben schon Nachricht ertheilet ist. Außer dem Verdienste, welches er sich dadurch erworben, daß er die Farbenzerstreuung zu heben gelehret hat, hat er noch ein anderes beträchtliches um die pracktische Optick, da er nämlich ein Mittel, von einer ganz andern Art gefunden, die von der Gestalt der Gläser herrührende Zerstreuung sowohl wie jene, größtentheils zu heben, und dieses durch die Hinzusetzung mehrerer Augengläser.

Dollonds Mittel zur Verminderung der Abweichung der Kugelgestalt

Wenn man, sagt er, den Sehewinkel in einem Fernrohre 20 Gr. groß verlangte, so müßten die von dem Rande des Gesichtsfeldes herkommenden Strahlen unter einem Winkel von 10 Gr. gebogen werden, wodurch wenn man nur ein Augenglas brauchet, eine Abweichung entsteht, die dem Cubus dieses Winkels proportional ist. Wird aber die Brechung unter zwey Gläser gleich vertheilet, so wird die Abweichung sich wie der Cubus des halben Winkels zweymal genommen verhalten, oder nur den vierten Theil so groß seyn, als in jenem Falle; und wenn die Abweichung auf drey Gläser vertheilet wird, so wird sie nur den neunten Theil so groß bleiben als vorhin. Folglich erhellet, daß die nach dem Rande des Gesichtsfeldes hin sich äußernde Undeutlichkeit sehr vermindert werden mag, wenn sie gleich nicht gänzlich gehoben werden kann.

und der Abweichung wegen der Farben,

Mit der Verbesserung der Farbenzerstreuung verhält es sich ganz anders. Denn da man die Abweichung wegen der Kugelgestalt nur bis auf einen gewissen Grad durch Vermehrung der Gläser vermindern kann, so kann man die von der verschiedenen Brechbarkeit entstehende, durch die Hinzufügung eines einzigen Glases gänzlich heben. So zeiget sich, daß in dem Sternrohre zwey gehörig eingerichtete Augengläser den Rand der Gegenstände frey von Farben, bis ganz an den Umfang des Gesichtsfeldes darstellen werden [a]. Desgleichen läßt sich in dem Erdrohre, in welchem eigentlich nur zwey Augengläser nothwendig sind, die Gegenstände aufrecht darzustellen [b], durch Hinzufügung eines dritten Glases, die Farbenzerstreuung, die sonst das Bild undeutlich machen würde, gänzlich wegschaffen [c].

Dieses

a) Ich begreife nicht, wie Dollond dies behaupten könne. Der farbichte Rand bleibt bey zwey convexen Augengläsern so gut wie bey einem. S. Euleri Dioptr. T. II. § 217. K.

b) Durch zwey Augengläser wird das Fernrohr zu lang, hat ein kleines Feld, und giebt ein farbichtes Bild. Eul. Diopt. T. 2. p. 355 — 360. K.

c) Dollond wird hier diejenige Art von Fernröhren verstehen, wo das erste Bild nach dem ersten der drey Augengläser, und das zweyte Bild nach dem zweyten Augenglase fällt, wovon Eul. Dioptr. T. 2. p. 361

Dieses ist inzwischen mit einiger Einschränkung zu verstehen, weil zwar die ungleichartigen Strahlen, die an den Rändern der Augengläser durchgehen, solchergestalt mit einander parallel zu machen stehen, aber dennoch, wenn die Brennweiten der Gläser zu groß sind, zu weit von einander zu liegen kommen können, als daß die Oeffnung des Auges sie alle aufzufassen im Stande ist; und dieses verursachet, daß in langen Fernröhren mit drey Augengläsern nach der gewöhnlichen Art, das Gesichtsfeld allemal sehr klein wird.

Hiedurch wurde Dollond veranlasset, auf Mittel zu denken, wie das Gesichtsfeld mittelst mehrerer Gläser vergrößert werden möchte, ohne der Deutlichkeit und Helligkeit des Bildes Abbruch zu thun, wie auch andere schon vor ihm versuchet hatten. Weil er bemerkete, daß einige Fernröhre mit fünf Augengläsern, die man bisher gemachet hatte, fernerer Verbesserung fähig wären, so bemühete er sich darum, und war auch so glücklich, daß dergleichen nach seiner Art verfertigte Fernröhre von den besten Kennern für sehr vorzüglich erkläret wurden.

Zur Vergrößerung des Gesichtsfeldes.

Dieser glückliche Erfolg munterte ihn auf, zu versuchen, wie viel noch durch die Hinzufügung eines sechsten Glases das Gesichtsfeld sich vergrößern ließ, so daß die Abweichungen der Strahlen möglichst gehoben würden, ohne der Deutlichkeit zu nahe zu treten, und erhielt auch zuletzt ein so großes Gesichtsfeld als man es nur verlangen konnte, und dieses selbst in den längsten Fernröhren, die man machen kann.

Dollondische Fernröhre mit sechs Augengläsern.

Weil diese Fernröhre mit sechs Gläser vielen Beyfall, und selbst nach auswärts Abgang fanden, hielt es sich der Erfinder für eine gelegene Zeit, von dem Ursprunge seiner Erfindungen eine Nachricht bekannt zu machen, welches er in einem Briefe an Hrn. Short that, der der Königl. Gesellschaft am 1 März 1753. vorgelesen ward [d]).

Hr. **Euler**, der in einer Abhandlung unter den Schriften der Berliner Akademie vom Jahre 1757. S. 323 ff. die Erfolge aller möglichen Verbindungen von Gläsern in Fernröhren und Vergrößerungswerkzeugen berechnet hat [e]), untersuchte mit

Eulers Berechnungen darüber.

361 — 376. Das zweyte Augenglas kann dabey statt einer Blendung dienen, weil es eine höchst kleine Oeffnung leidet. Neben diesem beschreibt Hr. Euler noch eine Art von Fernröhren mit drey Augengläsern, die er sehr rühmet. Die beyden mittlern Gläser fallen hier, wie in dem gewöhnlichen Erdrohre zwischen die beyden Bilder; es ist aber dennoch diese Art von den letztern im Grunde verschieden, und weit größerer Vollkommenheit fähig. Noch größere Vollkommenheit kann man jener Art von Fernröhren durch die Erweiterung des Gesichtsfeldes geben, wenn man vier Augengläser nimmt, so daß das erste Bild zwischen dem ersten und zweyten Augenglase, und das zweyte Bild zwischen dem zweyten und dritten Augenglase liegt. Euler. l. c. p. 436. Setzet man noch gleich vor das Objectivglas ein Hohlglas, so läßt sich die Zerstreuung der Strahlen heben, und durch die Hinzufügung eines oder mehrerer Augengläser läßt sich das Gesichtsfeld beträchtlich erweitern. Eul. l. c. p. 442, 448. K.

d) Philos. trans. vol. 48, p. 103.

e) Es ist daselbst nur von Fernröhren mit drey Gläsern, welche den Gegenstand verkehrt darstellen, die Rede. In einer Art derselben sind die beyden Vordergläser hart oder

mit großer Genauigkeit die beſtmöglichſte Einrichtung jener Dollondiſchen Fernröhre. Seine Abhandlung darüber findet man in den Miſcellan. Taurinenſ. vol. 3. part. 2. p. 92.

Caleb Smiths Verſuche.

Man verſuchte noch ſonſt auf mancherley Art in dieſem Zeitraume, Fernröhre kürzer oder ſonſt vortheilhafter eingerichtet zu machen. Nur im Vorbeygehen erwähne ich hier Caleb Smiths Verſuch, die Abweichungen wegen der verſchiedenen Brechbarkeit zu heben, der ſich darauf gründete, daß die Brechungsſinus der ungleichartigen Strahlen, bey demſelben Einfallswinkel, in einem gegebenen Verhältniſſe ſtünden, wozu ſtatt eines metallenen Spiegels ein gläſerner dienen ſollte, deſſen beyde Flächen ungleiche Krümmung hätten f). Ich finde aber nicht, daß ſein Vorſchlag ausgeführet wäre, der ohne Zweifel, aus ſchon angeführten Gründen, unbrauchbar iſt.

Hadleys Spiegelteleſkop.

Allein der wichtigſte Dienſt, den die praktiſche Optik der Aſtronomie in dieſem Zeitraume leiſtete, war die leichte Verfertigung der Spiegelteleſkope, nach der Art, wie ſie John Hadley, Eſq. im Jahre 1723. zur Vollkommenheit brachte. In dieſem Jahre überreichete er der Königl. Geſellſch. ein nach Newtons Entwurfe, an den man ſeit funfzig Jahren nicht mehr gedacht hatte, eingerichtetes Teleſkop. Der große Spiegel hatte 10 Fuß 5$\frac{1}{4}$ Zoll im Halbmeſſer, daß ſeine Brennweite folglich 62$\frac{5}{8}$ Zoll war. In dem Auszuge der Tranſactionen, B. 6. S. 147. findet man eine Abzeichnung und Beſchreibung der zwar ſehr ſinnreichen, aber auch ſehr zuſammengeſetzten Vorrichtung, das Teleſkop zu regieren. Der Bericht, den Pound und Bradley, die es gemeinſchaftlich unterſuchten, von der Güte dieſes Werkzeuges erſtatteten, fiel ſehr zu deſſen Vortheil aus.

Eines dieſer Teleſkope, deſſen großer Spiegel noch nicht völlig 5$\frac{1}{4}$ Fuß in der Brennweite hatte, verglichen ſie mit dem berühmten Huygenianiſchen Fernrohre, deſſen Objectivglas eine Brennweite von 123 Fuß hat, und fanden, daß jenes ein ſo kurzes Ocular vertrug, daß es eben ſo ſtark vergrößerte als dieſes, wenn es ſein gehöriges Ocularglas hatte. Es gewährte jenes auch dieſelbe Deutlichkeit, doch nicht völlig mit derſelben Klarheit und Helligkeit, welches ſie zum Theil der Verſchiedenheit

oder nahe an einander geſtellet. Das Fernrohr wird dadurch kürzer, aber das Geſichtsfeld wird nicht größer, als wenn man nur zwey Gläſer brauchte. In einer andern werden die beyden dem Auge nächſten Gläſer zuſammen gerücket, und dadurch wird der Durchmeſſer des Geſichtsfeldes verdoppelt. In einer andern wird das mittlere Glas in den gemeinſchaftlichen Brennpunct der beyden äußern geſtellet, und die Brennweite deſſelben iſt faſt doppelt ſo groß als des letzten Glaſes. Das Geſichtsfeld wird dadurch vergrößert. Man ſehe auch Eul. Dioptr. T. 2. Sect. 2, cap. 1. 2.

In eben dem Bande der Berliner Memoiren, p. 283 ff. iſt noch eine wichtige Abhandlung des Hrn. Euler enthalten. Sie iſt überſchrieben: Régles générales pour la conſtruction des teleſcopes et des microſcopes, de quelques nombre des verres, qu'ils ſoient compoſés. Man lernet daraus das ganze ſchwere Geſchäffte der dioptriſchen Rechnungen überſehen. Die Beweiſe fehlen zum Theil, waren aber auch nicht möglich daſelbſt angeführet zu werden. K.

f) Philoſ. Tranſ. ab. vol. 8, part. 1, p. 114.

schiedenheit der Oeffnung, welche in dem Huygenianischen etwas größer war, theils einigen kleinen Flecken auf der Fläche des Objectivspiegels, die sich nicht wohl poliren ließen, zuschrieben. Dieser geringern Helligkeit ungeachtet konnten sie mit dem Hadleyischen Teleskop alles das sehen, was sie bisher mit dem Huygenianischen Fernrohre entdecket hatten, insbesondere die Durchgänge der Jupiterstrabanten, und die Schatten, welche sie auf diesen Planeten werfen, den schwarzen Streifen auf dem Ringe des Saturns, und den Rand des Schattens, den dieser Planet auf seinen Ring wirft. Sie sahen auch mehrmals dadurch die fünf Trabanten des Saturnus, die sich zur Zeit der Beobachtung durch Hadleys Teleskop noch besser als durch Huygens seines erkennen ließen. Denn weil es damals Sommer war, und letzteres ohne Röhre gebrauchet ward, so hinderte die Dämmerung, daß sie diese kleinen Gegenstände nicht alle erkennen konnten, welches durch das Spiegelteleskop sehr wohl angieng. Andere Beobachtungen, die sie mit diesem Werkzeuge am Jupiter und Saturn anstelleten, bestätigten das gute Urtheil, welches sie davon gefället hatten.

Ueberhaupt, sagen sie, hätte Hadley sie überzeuget, daß diese Einrichtung der Teleskope nicht bloß in der Theorie tauglich wäre, und sie wünschten nur, daß man bald Mittel finden möchte, entweder den Hohlspiegel vor dem Anlaufen zu bewahren, oder ihn auf eine leichte Art wieder zu reinigen, wenn er angelaufen wäre; oder auch einen guten Hohlspiegel von Glas zu verfertigen, der hinten foliirt wäre; würde eines dieser Stücke ausfündig gemachet werden, so zweifelten sie nicht, die praktischen Sternkundige würden die alten dioptrischen Fernröhre größtentheils an die Seite legen, und die katadioptrischen vorziehen, weil diese so viel leichter zu handhaben sind g).

Die ersten Spiegelteleskope, welche Hadley machete, waren nach Newtons Entwurfe eingerichtet; weil er diese aber in mancherley Absichten unbequem fand, so zog er hernach die Gregorianische Einrichtung vor, in welcher der große Spiegel durchbohret ist. Mit diesem kam er im Jahre 1726 zu Stande; aber es ergiebt sich, daß um 1734. seine Spiegelteleskope sowohl, als alle andere in London verfertigte, von den Shortischen übertroffen wurden. Short wohnete damals in Schottland, zog aber nachher nach London. Er machete seine Spiegel zuerst von Glase, einem von Newton gegebenen Rathe zufolge; fand aber, daß sie nicht so viel Licht zurücksendeten h), als er sich vorgestellet hatte, und traf sonst noch große Schwierigkeit darinn an, sie vollkommen auszuarbeiten, so daß er deswegen sich auf die Verbesserung der metallenen Spiegel mit Fleiß legete. Hierinn glückte es ihm auch durch die geschickte Krümmung, die er ihnen zu geben wußte, weswegen er seinen Spiegeln größere Oeffnungen geben konnte, als andere Künstler es zu

Shorts Teleskope.

 thun

g) Philos. Trans. ab. vol. 6, p. 153.

h) Short fand aus Erfahrung, daß die besten Glasspiegel, die er machen konnte, weit weniger Licht zurückwarfen, als die metallenen. Er fand auch, daß Glas durch sein eigen Gewicht seine Figur zu ändern im Stande war.

thun im Stande waren; desgleichen durch die genauere Zusammenpressung der Spiegel, u. s. w. Durch einige seiner Teleskope, in welchen der große Spiegel 15 Zoll Brennweite hatte, konnte er und andere die Transactionen auf 500 Fuß weit lesen; und sie sahen einmal dadurch die fünf Trabanten des Saturnus zusammen, worüber **Maclaurin**, der diese Nachricht aufgesetzet hat, sich sehr wunderte, bis er fand, daß Caßini sie bisweilen alle mit einander durch ein siebenzehnfußiges dioptrisches Fernrohr gesehen hätte [i]).

Weil das Gregorianische Spiegelteleskop dasjenige ist, welches seit der erst angegebenen Zeit bis itzt hauptsächlich gebrauchet wird, so will ich hier eine kurze Beschreibung desselben einrücken, und eine Berechnung der dadurch zu erhaltenden Vergrößerung beyfügen.

Beschreibung des Gregorianischen Teleskops. fig. 121.

Es sey TYYT eine messingene Röhre, in welcher LL ein metallener, in der Mitte durchbohrter Hohlspiegel, und EF ein kleinerer Hohlspiegel ist, der sich hin und her bewegen läßt. Es sey AB ein sehr entfernter Gegenstand, der von jedem seiner Puncte Strahlen her sendet, von welchen hier diejenigen vorgestellet sind, die von den beyden Enden herkommen, und sich vor der Röhre kreuzen. Diese fallen auf den großen Spiegel, und werden von ihm so zurücke geworfen, daß dadurch in KH ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes entsteht. Von diesem Bilde fahren die Strahlen, gleich wie von einem wirklichen Gegenstande aus, fallen auf den kleinen Spiegel EF, dessen Mittelpunct e ist, und werden von ihm so zurückgeworfen, daß sie in QQ sich vereinigen, und daselbst ein aufrechtes Bild entwerfen würden. Weil aber ein Auge hinter QQ nur einen kleinen Theil des Gegenstandes übersehen könnte, so werden die Strahlen von dem Planconvexglase MN aufgefangen, daß sie schon bey PV sich vereinigen, und daselbst ein kleineres und aufrechtes Bild machen, welches von dem Auge in O durch den Meniskus SS betrachtet wird, der die Strahlen jedes Kegels parallel durch die Brechung machet, und auch eine Vergrößerung des Bildes verschaffet. An der Stelle des Bildes wird durch eine Blendung alles falsche Licht aufgefangen. Soll ein näherer Gegenstand beschauet werden, so muß man den kleinen Spiegel etwas von dem größern abrücken.

fig. 122.

Die Vergrößerung durch das Gregorianische Teleskop wird folgendergestalt berechnet. Es sey FF der vordere Spiegel, und dessen Brennpunct I, der Brennpunct des hintern Spiegels LD sey G, dessen Oeffnung in A, die Axe beyder Spiegel und der Gläser MN, SS ist auf der geraden Linie DIGAOK. Es komme der Strahl bb von dem untern Puncte des sehr entlegenen Gegenstandes, und gehe durch den Brennpunct G, so wird er von dem Spiegel LD in b nach bF parallel mit der Axe zurückgeworfen, und von dem Spiegel FF nach FIN durch den Brenn-

i) Smith's Opticks, Remarks, p. 81. (d. d. A. S. 447. Das größte Telescop, das Short gemachet hat, hat 12 Fuß Brennweite für den großen Spiegel mit einer Oeffnung von $21\frac{1}{2}$ Zoll. Dieses einzige Stück in seiner Art ist gegenwärtig in dem Hotel von Marlborough zu London befindlich, wo es ohne Gestelle liegt, ohne daß es jemand brauchte, oder sich um dessen Erhaltung bekümmerte. de la Lande Astron. § 1931. erste Ausg. K.)

Brennpunkt I, nach dem ersten Glase in N, welches ihn nach NK bricht, worauf ihn der Meniskus bey S nach SO ins Auge bringt. So sieht das Auge in O die Hälfte des Gegenstandes unter dem Winkel TOS. Ohne das Teleskop sähe das bloße Auge sie unter dem Winkel AGb oder GbF. Folglich muß man das Verhältniß der Winkel GbF und TOS suchen. Es ist aber

$$AGb : DIF = DI : GA$$
$$nIN : nKN = nK : In$$
$$nKN : TOS = TO : TK$$
Also, weil $DIF = nIN$
$$AGb : TOS = DI \times nK \times TO : GA \times In \times TK.$$ [k])

Shorts Aequatorialteleskop.

Dem Herrn **Short** haben wir die schöne Einrichtung eines **Aequatorial Teleskops**, oder wie er es auch nennet, eines **tragbaren Observatorium** zu danken, weil solche, die keine Sternwarte haben, mit geringer Mühe ziemlich genaue Beobachtungen damit anstellen können. Es ist ein Teleskop, das mittelst einer sinnreichen mechanischen Vorrichtung auf jeden Grad der Rectascension oder Declination gestellet werden kann; so daß man jeden himmlischen Körper, dessen Stelle bekannt ist, ohne Mühe selbst bey Tage finden kann. Weil das Fernrohr sich parallel mit dem Aequator drehen läßt, so kann man jeden Gegenstand am Himmel ganz leicht im Gesicht behalten, oder wieder finden, ohne daß man das Auge zu verrücken nöthig hätte. Mit diesem Werkzeuge sind, wie Hr. Short berichtet, die meisten Sterne von der ersten und zweyten Größe selbst zu Mittage, bey hellem Sonnenscheine gesehen worden, wie auch Merkur, Venus und Jupiter; denn Saturn und Mars sind wegen ihres mattern Lichtes so leicht nicht zu erkennen, es müßte denn die Sonne schon ziemlich niedrig stehen [l]). Der Grund hievon ist, daß das Fernrohr fast alles fremde Licht abhält, das nicht von dem Gegenstande selbst kömmt, und den Eindruck, welchen sein geringes Licht im Auge machet, schwächen würde. Ein jedes andere, eben so viel vergrößernde Teleskop würde dieselbe Wirkung thun, wenn man nur es sicher zu richten wüßte. Darum kann man auch bey Tage unten in einer tiefen Grube die Sterne sehen. Je stärker die Vergrößerung in einem Fernrohre ist, desto leichter kann man einen Stern dadurch bey Tage erkennen. Denn das Licht des Sternes bleibt bey jeder Vergrößerung dasselbe, aber die Fläche, worauf er erscheint, wird dunkler, wenn die Vergrößerung stärker ist; und ein Stern ist desto leichter zu erkennen, je mehr sein Licht sich von dem Lichte des Grundes, worauf er gesehen wird, unterscheidet. Ein Fixstern wird durch Teleskope mit sehr verschiedenen Oeffnungen fast gleich gut zu erkennen seyn, wenn die Vergrößerungen einerley sind.

Wenn ein Komet, oder ein anderer himmlischer Körper durch dieses Aequatorialteleskop, wenn es gehörig berichtiget ist, gesehen wird, so kann man sogleich die

 wahre

k) Musschenbroek, Introd. vol. 2. p. 822. (Umständlicher in Smiths Optick. d. d. A. S. 460 — 472, wo das Gregorianische Teleskop mit dem Cassegrainischen verglichen wird; und in Euleri Dioptr. T. 2, in dem Anhange von den catoptrisch-dioptrischen Fernröhren, Cap. 3. K.)

l) Phil. Transf. ab. vol. 10. p. 156.

wahre Stelle desselben am Himmel angeben. Auch kann man noch andere astronomische Aufgaben durch dessen Hülfe sehr leicht und zuverläßig auflösen. Die Beschreibung dieses Werkzeuges findet man in den Philos. Trans. ab. vol. 10, p. 154. Seitdem hat man noch verschiedene Verbesserungen in der mechanischen Einrichtung dieses Werkzeuges gemacht[m]).

Vorschlag, die Röhren zu biegen.

Hr. Aepinus hat den Vorschlag gethan, die Röhren langer Teleskope unter einem rechten Winkel zu biegen, und an dem Winkel einen ebenen Spiegel anzubringen, damit man die Gegenstände um das Zenith bequemer beobachten könnte, wozu er nähere Anleitung giebt, besonders wie man zu verfahren habe, wenn ein Mikrometer angebracht werden soll[n]). Wie ich höre, hat man auch wohl an Spiegelteleskopen zwischen dem letzten Augenglase und dem Auge einen kleinen Planspiegel, unter einem Winkel von 45 Gr. zu eben der Absicht angebracht.

Barkers Spiegelmikroskop.

Da man die Spiegel mit so gutem Erfolge bey Fernröhren angebracht hatte, so war es natürlich, mit ihnen auch einen Versuch bey Mikroskopen zu machen. Wir finden auch wirklich zween Vorschläge dieser Art, einen von Dr. **Robert Barker**, wovon eine umständliche Beschreibung in den Philos. Trans. ab. vol. 8, part. I. p. 120. Es besteht aus einem Hohlspiegel, der statt des Objectivglases dienet, und aus einem Augenglase, gegen welches die hohle Fläche des Spiegels gekehret ist. Das Object wird vor dem Spiegel in einer solchen Entfernung gestellet, daß das davon zurückgeworfene vergrößerte Bild in den Brennpunct des Augenglases fällt, und durch dieses mittelst paralleler Strahlen betrachtet wird. Diese Art von Mikroskop ist aber nicht so bequem zum Gebrauche als die gewöhnlichen, es ist auch nicht anders, als zu sehr kleinen oder durchsichtigen Objecten dienlich, weil wegen ihrer Lage zwischen dem Spiegel und dem Glase zuviel Licht aufgefangen werden würde, wenn sie groß und undurchsichtig wären.

Smiths Spiegelmikroskop.

In der zweyten Art von reflectirenden Mikroskop, die Dr. **Smith** angegeben, sind zween Spiegel, ein Concav- und ein Convexspiegel, mit einem Augenglase. Es ist nämlich AD ein großer Hohlspiegel, und ad ein kleiner Convexspiegel, beyde in der Mitte bey BC und bc durchbohret. Sie haben beyde einerley Krümmung, oder sind aus Schüsseln von gleichen Halbmessern geschliffen, von zween Zoll nämlich, so daß jedes Brennweite genau einen Zoll beträgt. Sie werden beyde etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander gestellet, daß solchergestalt ein Object OPQ, das ein wenig unterhalb des kleinen Spiegels angebracht wird, zwischen dem Brennpuncte F und dem Mittelpuncte E des großen liegt. Unter diesen Umständen werden die von P ausfahrende Stralen PA, PD von dem großen Spiegel nach p hingeworfen

m) Dieses tragbare Observatorium ist zwar sehr bequem, besonders wenn man den Mercur bey Tage beobachten wollte, aber es ist schwer, es recht gut zu machen, und darum sehr kostbar. Das daran befindliche Spiegelteleskop von 18 Zoll Brennweite kostet 18 Guineen, das Objectiv-Mikrometer 12 Guineen; das Gestelle zur Bewegung, welches aus fünf Kreisen bestehet, 50 Guineen oder 80, nachdem es groß ist. de la Lande Astron. T. V. preface, p. 47. K.

n) Noui Comm. Petrop. vol. 9. p. 488.

geworfen werden, wo sich das Object abbilden würde, wenn der kleine Spiegel nicht die Stralen auffienge. Weil diese nach einem Puncte p hinzielen, der näher bey dem Spiegel als dessen Brennpunkt f ist, so werden sie nach P hin von diesem vereiniget, und es entsteht daselbst das letzte Bild OPQ, welches durch das Augenglas G, von dem Auge in I, betrachtet wird [o]).

Dieses Mikroskop, wiewohl es nicht zum Besten ausgearbeitet war, that dennoch, wie Dr. Smith versichert, fast dieselben Dienste, wie die besten dioptrischen Mikroskope, so daß er nicht zweifelte, es würde diese übertroffen haben, wenn es mit gehöriger Nettigkeit wäre ausgearbeitet worden. Dr. Smiths eigene Nachricht von diesem Werkzeuge findet man in dessen Optik, der Anmerk. S. 94 [p]).

Lieberkühns Erfindungen.

Im Jahre 1738 oder 1739 machete **Lieberkühn** zwo wichtige Erweiterungen in dem Gebrauche der Mikroskope durch die Erfindung des **Sonnenmikroskops** und des **Mikroskops zu undurchsichtigen Gegenständen.** Von beyden zeigte er bey seinem Aufenthalte in England, in dem Winter von 1739, einen von ihm selbst ausgearbeiteten Apparatus verschiedenen Mitgliedern der Königl. Gesellschaft, und einigen optischen Künstlern, besonders dem Hrn. **Cuff**, der sich viele Mühe gab, diese Erfindungen noch weiter zu treiben.

Sonnenmicroskop.

Das Sonnenmikroskop, wie es Cuff machete, besteht aus einer Röhre, einem Planspiegel, einem Erleuchtungsglase, und einem Wilsonischen Mikroskope. Die Röhre ist von Messing, ohngefähr 2 Zoll weit, und in einer runden Büchse von Mahoganyholze befestiget, welche in einer viereckten Tafel nach Belieben gedrehet werden kann, so daß sich die Röhre ganz bequem in dem Loche eines Fensterladens befestigen läßt, ohne daß anders als durch sie etwas Licht in das Zimmer kommen kann. An der Tafel ist an der Außenseite ein Spiegel mittelst eines Gewindes befestiget, der durch einen aus Gelenken zusammengesetzten, und durch die Tafel gehenden Stab so gestellet werden kann, daß er die Sonnenstrahlen durch die Röhre in das verfinsterte Zimmer wirft. An dem Ende der Röhre, nach außen hin, ist ein Erleuchtungsglas, und an dem andern Ende ins Zimmer hinein ist ein Wilsonsches Taschenmikroskop angeschraubet, welches das zu betrachtende Object in einem Schieber hält. Weil die Sonnenstrahlen von dem Erleuchtungsglase durch die Röhre auf das Object geleitet werden, so entwirft sich von diesem ein deutliches und schönes Bild auf einem Schirme von weißem Papiere, und so sehr vergrößert, als sich niemand, der es nicht gesehen hat, vorstellen kann [q]).

Microskop zu undurchsichtigen Gegenständen.

Das Mikroskop zu undurchsichtigen Gegenständen hilft der Unbequemlichkeit ab, die dunkle Seite dem Auge zugekehret zu haben. Denn vermittelst eines sehr polirten silbernen Hohlspiegels, in dessen Mittelpuncte das Vergrößerungsglas befindlich ist, wird das Object so stark erleuchtet, daß man es sehr bequem und mit Vergnügen untersuchen kann. Einen wohl eingerichteten Zubehör, mit vier verschiedenen Spiegeln und Vergrößerern von verschiedener Stärke, arbeitete **Cuff** mit vieler Vollkommenheit aus [r]).

Lieber-

o) Martin's Opticks, p. 220.

p) Der deutschen Ausg. S. 448. ff.

q) Philos. Trans. ab. vol. 8, p. 127.

r) Philos. Trans. ab. vol. 8, p. 128.

Einrichtung des Sonnenmikroskops zu undurchsichtigen Sachen.

Lieberkühn machete an seinem Sonnenmikroskope beträchtliche Verbesserungen, besonders in der Zurichtung desselben zur Betrachtung undurchsichtiger Gegenstände. Wie er es angefangen konnte **Aepinus**, der eine Probe davon mit großem Vergnügen gesehen, und von dem die Nachricht herrühret, sich nicht besinnen; der Erfinder selbst ward durch den Tod verhindert, seine sinnreiche Vorrichtung selbst bekannt zu machen. Herr Aepinus ersuchet diejenigen, in deren Hände Lieberkühns Apparatus gekommen ist, von diesem Werkzeuge eine Beschreibung bekannt zu machen, ich kann aber nicht sagen, ob dieses geschehen sey.

Indessen veranlaßte Lieberkühns Erfindung den Herrn **Aepinus**, selbst der Sache nachzudenken, und dadurch kam er auf eine wichtige Verbesserung dieses Instrumentes. Denn indem er auf die Vorderseite eines Objectes mittelst eines Spiegels Licht fallen läßt, so werden alle Arten von Objecten vollkommen wohl dadurch vorgestellet. Ein vortheilhafter Umstand dabey ist, daß das gewöhnliche Sonnenmikroskop im Ganzen beybehalten, und nur noch ein Paar messingener Platten CA, BA hinzugefüget wird, welche durch ein Gewinde mit einander verbunden, und durch eine Schraube in der gehörigen Entfernung von einander gehalten werden. Die Abbildung zeiget, wie sie an dem Wilsonischen Mikroskop, dessen man sich bey dem gewöhnlichen Sonnenmikroskope bedienet, angebracht sind. Den Durchschnitt dieser Platten und der übrigen wesentlichen Stücke des Instrumentes stellet die fig. 125. dar, wo ab, cd die Sonnenstrahlen bedeuten, welche durch das Erleuchtungsglas auf den Spiegel db hingelenket werden, der an der innern Platte befestiget ist. Von da werden sie nach dem Objecte bey ef hingeworfen, und fahren weiter durch das Linsenglas bey k, und durch eine Oeffnung in der vordern Platte, nach dem Schirme, wie gewöhnlich, zu. Die Schraube n dienet, die Entfernung der beyden Platten von einander zu verändern, und den Spiegel dadurch gegen das Object auf das genaueste zu stellen. Hr. Aepinus glaubet, daß sich noch mehrere Verbesserungen an diesem Werkzeuge anbringen lassen, insbesondere wenn man mehrere Objectivgläser nehme, und verspricht, der Sache noch weiter nachzuforschen s).

fig. 124.

fig. 125.

Herr **Euler** hat eine Art angegeben, wie man mittelst zurückgeworfenen Lichtes verschiedenen Unbequemlichkeiten bey dem Gebrauche der Zauberlaterne, und des Sonnenmikroskops abhelfen könne. Man brauchet nur, saget er, einen großen Hohlspiegel, der so wie in den Teleskopen in der Mitte durchbohret ist, muß aber das Licht so stellen, daß keine Strahlen durch die Oeffnung des Spiegels nach dem Schirme hin kommen können. Er schlägt vor, vier verschiedene Maschinen dieser Art zu machen, nachdem die Objecte von unterschiedener Größe sind, eine für solche, die sechs Fuß lang sind, eine andere für Objecte von einem Fuß, eine dritte für welche von zween Zoll, und eine vierte für Objecte von zwo Linien. Eine Vorstellung dieser Einrichtung giebt die fig. 126. wo OD den Hohlspiegel, E das Object

fig. 126.

s) Noui Comm. Petrop. vol. 9, p. 326.

Object, l, l die Lichter, und A die Linse ist, durch welche die Strahlen nach dem Schirme hinfahren t).

Verschiedene Verbesserungen in dem Zubehöre des Sonnenmikroskops, in so ferne man undurchsichtige Gegenstände dadurch betrachten will, machete auch Hr. D. **Zeiher**, der zweyerley Einrichtungen angiebt, eine für größere Objecte, eine andere für kleine; ich muß aber wegen der Abbildungen und Beschreibungen, sowohl der einen als der andern, auf die Nou. Comm. Ac. Petropol. vol. 10. p. 299. verweisen.

Das Sonnenmikroskop hat man auch mit der Camera obscura, sowohl der von der kleinern Gattung, als der von der größern, verbunden, vermittelst derer, wenn das Bild auf einem Stücke mattgeschliffenen Glases aufgefangen wird, das vor den Sonnenstrahlen im Schatten liegt, die Vorstellung ganz deutlich ist. Am umständlichsten habe ich diese Beschreibung in einer kleinen Schrift des Hrn. **Brander**, kurze Beschreibung — eines Sonnenmikroskops, Augsburg 1769. beschrieben gefunden; auch findet man davon eine Nachricht in Martin's Gentleman's Philosophy, vol. 2. p. 249. Wer der Erfinder davon sey, ist mir nicht bekannt.

Herr **Martin** kam bey Gelegenheit, daß er zu seinem eigenen Gebrauche ein Sonnenmikroskop von einer größern Art als gewöhnlich verfertiget hatte, (das Erleuchtungsglas war $4\frac{1}{2}$ Zoll breit, und alle übrigen Theile verhältnißmäßig größer) auf eine Einrichtung, da mittelst eines noch hinzugefügten Stückes, welches er aber nicht beschreibt, selbst undurchsichtige Objecte sehr deutlich dargestellet wurden. Wenn er aber das Erleuchtungsglas noch breiter machete, so fand er, daß die davon erregte Hitze für die meisten Objecte zu stark war. Sein Werkzeug, saget er, sey wenig theuerer, als das gewöhnliche Sonnenmikroskop. Man sehe seine kurze Nachricht von einem Sonnenmikroskope zu undurchsichtigen Gegenständen am Ende seiner Graphical Perspective.

Sehr kleine Vergrößerungskügelchen.

Die kleinsten Kügelchen, und folglich die stärksten Vergrößerer, die je gemachet sind, hat **di Torre** aus Neapolis verfertiget, der im J. 1765. viere davon an die königliche Gesellschaft überschickte. Das größte dieser Kügelchen hatte nur zween Pariser Puncte im Durchmesser, und sollte ein Object 640mal im Durchmesser vergrößern. Das zweyte war einen Pariser Punct, und das dritte nur einen halben oder den 144sten Theil u) eines Zolles im Durchmesser groß, und sollte ein Object 2560mal in der Länge vergrößern. Eines dieser Kügelchen fehlete, als sie Herr **Baker** bekam, dem die Gesellschaft aufgetragen hatte, sie zu untersuchen. Dieser wegen seiner Geschicklichkeit mit Mikroskopen umzugehen so berühmte Mann, war doch nicht im Stande sie zu gebrauchen. Mit dem, das am wenigsten vergrößerte, konnte er kein Object hinlänglich gut sehen, und sein Bericht endiget sich mit den Worten, daß er zwar hoffe seinen Augen mit diesen Vergrößerern keinen Schaden gethan zu haben, weil er dergleichen Beobachtungen sehr gewohnet wäre,

t) Noui Comm. Petrop. vol. 3, p. 563.
u) Wird wohl ein 240 theil eines Zolles heißen sollen. K.

wäre, es möchten aber wenige seyn, die nicht durch sie blind werden würden v). Dadurch, daß man Fernröhre mit sechs Augengläsern verfertiget hatte, fiel Hr. **Euler** auf den Gedanken, den Mikroskopen gleichfalls sechs Gläser zu geben, wovon das eine derselben eine so kleine Oeffnung verträgt, daß es statt einer Blendung, alles fremde Licht abzuhalten dienet, ohne, wie er saget, das Gesichtsfeld oder die Helligkeit im geringsten zu vermindern w).

Versuch die Ungleichheiten des Glases zu heben.

Der Vollkommenheit dioptrischer Instrumente steht gar sehr im Wege, daß die Masse des Glases, das man dazu nehmen muß, nicht völlig gleichartig und rein ist, ein Mangel, den man bisher, aller Bemühungen ungeachtet, nicht unfehlbar hat abhelfen können. Hr. **Merklin** fand einmal, daß Glas, welches in einer Feuersbrunst geschmolzen war, vortrefflich zu Objectivgläsern taugte, und schrieb diese besondere Güte dem Umstande zu, daß es während der Zeit, da es flüßig gewesen, nicht gestöret worden war, weswegen er den Vorschlag thut, man solle das Metall aus dem Ofen in eisernen Gefäßen, von der Form, die man dem Glase geben will, nehmen, und die Glasmasse, wenn sie in diesen Gefäßen völlig flüßig gewesen, darinn abkühlen lassen, ohne sie anzurühren x). Allein dieses Mittel ist auch nicht unfehlbar befunden.

Berechnung der Vergrößerung.

Die Vergrößerungskraft eines jeden Telefkops kann man nach der oben für Mikroskope angeführten Methode durch Erfahrung ausmachen, wenn man nämlich mit einem Auge durch das Teleskop nach einem Gegenstande von bekannter Größe und Entfernung sieht, und das Bild mit einer andern Sache, die man mit bloßem Auge sieht, vergleicht. Auf solche Art prüfeten **Hauksbee**, **Folkes** und **Jurin** die Vergrößerungskraft des von dem erstern verfertigten Teleskops, wovon umständlichere Nachricht in Smiths Optik, Anmerk. S. 79. Die leichteste Art ist, daß man den Durchmesser der Oeffnung des Objectivglases und ihres kleinen Bildes an dem Orte, wo das Auge hin gehöret y), messe. Das Verhältniß beyder zeiget die Stärke der Vergrößerung an, woferne von dem ursprünglichen Strahlenkegel durch eine fehlerhafte Einrichtung des Teleskops kein Theil verlohren gegangen ist. Denn in allen Fällen wird die Vergrößerungskraft, sowohl der Teleskope

v) Philos. Trans. vol. 56. p. 67.

w) Noui Comm. Petrop. vol. 12, p. 195.

x) Acta Acad. Caesar. vol. 4, p. 507. (die Methode ist etwas anders, als hier beschrieben wird. M. nimmt Ringe von Sturzblech, füllet sie über die Hälfte mit feuchten Gießsand, legt darüber eine Schicht feuchten Tripel, drücket hierauf das Glas, das verbessert werden soll, in diese Masse, läßt sie allmählig trocknen, nachdem man das Glas sanft herausgenommen hat, setzet darauf die Formen mit Stücken gutes Glases, dem man etwa schon eine gewisse Runde gegeben hat, unter eine Muffel in einen dazu besonders bereiteten Ofen, und bringt darinn das Glas zum Schmelzen, und läßt es in dem Ofen selbst wieder abkühlen, wobey man sorgfältig Acht hat, daß die Glasmasse nicht die geringste Erschütterung leide. K.)

y) Deutlicher: der Oeffnung, welche das letzte Glas haben muß, um just nicht mehr und nicht weniger Strahlen durchzulassen, als von dem auf der Axe befindlichen Puncte des Gegenstandes auf das erste Glas fallen. K.

leskope als Mikroskope durch das Verhältniß der Durchmesser des ursprünglichen Strahlenkegels und des Strahlenkegels, wie er in das Auge kömmt, ausgedrücket *).

Die **Mikrometer**, von welchen in der vierten Periode dieser Geschichte gehandelt ist, haben noch beträchtliche Mängel. Insbesondere hält es schwer mit ihnen Gegenstände, die in Bewegung oder zu groß für das Gesichtsfeld sind, zu messen; so daß man die Durchmesser der Sonne und des Mondes sehr genau damit zu bestimmen nicht im Stande ist. Inzwischen hatte man sich die ganze Zeit bisher damit behelfen müssen, bis daß man in den neuern Zeiten auf eine Einrichtung kam, welche von jenen Mängeln frey ist, und darinn besteht, daß das Teleskop zwey Objectivgläser bekömmt. Diese sinnreiche Erfindung macheten fast zu gleicher Zeit **Servington Savery** und der berühmte **Bouguer**.

Heliometer, oder Objectivmikrometer.

Es werden nämlich zwey Objectivgläser von gleichen Brennweiten neben einander gestellet, daß ein und dasselbe Augenglas für beyde dienet. Solchergestalt entstehen zwey deutliche Bilder des Objects in dem Brennpuncte des Augenglases und man kann die Entfernung dieser Bilder, weil sie sich nach der Entfernung der Objectivgläser von einander richtet, sehr genau messen. Nöthig ist es nicht, daß die ganze Scheibe der Sonne oder des Mondes von dem Gesichtsfelde gefasset werde; denn wenn nur die Bilder eines kleinen Stückes der Scheibe durch jedes Objectivglas zu sehen sind, so kann man den ganzen Diameter der Scheibe leicht aus der Entfernung ihrer Bilder von einander herausbringen. Ist das Object groß, so werden die Bilder sich einander nähern, ja vielleicht zum Theil in einander rücken. Da die Objectivgläser beweglich sind, so kann man die beyden Bilder genau mit einander zur Berührung bringen, und ihr Durchmesser läßt sich aus der bekannten Entfernung der Mittelpuncte der Gläser berechnen a).

Weil dieses Werkzeug ein Mikrometer in dem Brennpuncte des Ocularglases für beyde Objectivgläser hat, so läßt sich, wenn die Bilder der Sonne oder des Mondes

z) Wenn a die Entfernung des Gegenstandes von dem ersten Glase, l die Entfernung ist, in welcher man den Gegenstand mit bloßen Augen zu sehen pfleget, m die Vergrößerungszahl, welche nämlich anzeiget, wie vielmal der Sehewinkel durch das Instrument größer als in der Entfernung l ist; wenn x der Durchmesser der Oeffnung und y der Durchmesser des Lichtcylinders ist, welcher von dem auf der Axe befindlichen Puncte des Gegenstandes durch das letzte Glas ins Auge kömmt, so ist $ma : l = x : y$. S. Mem. de Berl. 1757, p. 289. K.

a) Hist. de l' Ac. de Paris. 1748. p. 128. Unmittelbar läßt sich diese letztere Entfernung nicht messen, wenn man ganze oder über die Hälfte große Gläser mit Bouguer nimmt. Man muß in zween Fällen für ein Object, das dem bloßen Auge unter einem bekannten Winkel erscheint, die Stellung der Gläser wissen, bey welcher die beyden Bilder einander berühren. Hieraus muß die scheinbare Größe eines andern Objects, mittelst der Veränderung der Stellung der Gläser, die man durch die Umdrehung einer Schraube erfährt, hergeleitet werden. Dies Verfahren, hat hier einige Schwierigkeiten mehr, als bey dem gewöhnlichen Mikrometer, weil man die Mittelpuncte der Objective nicht zur Berührung, wie die Faden, oder die Spitzen eines Mikrometers bringen kann. Man findet hierüber eine sehr gründliche Belehrung in Hrn. Kästners astron. Samml. 2. B. S. 376 — 408. wo zugleich des Hrn. de la Lande nicht völlig richtige Vorschriften verbessert werden. K.)

Mondes zum Theil einander bedecken, der gemeinschaftliche Theil beyder Bilder mit großer Genauigkeit messen, weil sie auf einem Grunde gesehen werden, der nur um die Hälfte weniger helle ist, als sie selbst; ein sehr vortheilhafter Umstand bey diesem Werkzeuge, da sonst die Himmelskörper auf einem dunkeln Grunde gesehen, und deswegen für größer gehalten werden, als sie wirklich sind. Durch Hinzusetzung einer leichten Vorrichtung, ließen sich, glaubet Bouguer, mit diesem Instrumente, woferne es nicht zu lang ist, Winkel von drey bis vier Graden messen, welches bey Messung des Abstandes der Fixsterne vom Monde von großer Brauchbarkeit ist [b]).

Saverys Aufsatz, der eine umständliche Beschreibung seiner Einrichtung dieses Werkzeuges enthält, ward in der Königl. Gesellschaft den 27. Octob. 1743. vorgelesen, und Bouguers Nachricht von seinem Werkzeuge, das er ein Heliometer nennt, befindet sich in dem Jahrgange von 1748. p. 15. der Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften [c]).

Eine wichtige Verbesserung an dieser Gattung von Mikrometer ist die, welche Dollond dabey anbrachte, da er statt zweyer ganzer Objectivgläser, bloß ein einziges nahm, welches er in zween gleiche Theile zerschnitten hatte, die über einander hin geschoben werden. Jedes dieser halben Objectivgläser giebt ein besonderes und deutliches Bild, und sie sind, weil man die Entfernung ihrer beyden Mittelpuncte von einander genau wissen kann, eben so gut wie zwey ganze Objectivgläser zu gebrauchen, ja noch bequemer in einigen Absichten [d]).

Herr

b) Hist. de l' Ac. de Par. 1748, p. 130. 131. (Das Mikrometer in dem Brennpuncte des Oculars ist eigentlich nicht nöthig. K.)

c) Saverys Aufsatz befindet sich in den Philos. Trans. vol. 48, part. 1, p. 167 sqq. Seine Erfindung kömmt doch nicht ganz mit Bouguers seiner überein. Er läßt die Stellung der Objective ungeändert, und begnüget sich damit, die Unterschiede zwischen den Sonnendurchmessern genau anzugeben, und zwar mittelst eines gewöhnlichen Mikrometers in den Brennpuncten. Die Sonnenscheibe selbst in großer Schärfe abzumessen, das übersteigt, wie er glaubet, die menschliche Kunst. Eben dies aber leistet Bouguer dadurch, daß er die Entfernungen der Objective von einander ändert. Darum, und weil man nicht sieht, daß Bouguer etwas von S. Erfindung erfahren hätte, verbleibt ihm die völlige Ehre der Erfindung, wiewohl es billig war, daß S. Andenken durch die Bekanntmachung seines Aufsatzes in den Transactionen erhalten ward. Dollond hat zwar seine Objective auch beweglich gemachet, aber ist nicht eher darauf gefallen, als bis Bouguers Erfindung schon bekannt war. Hingegen ist Dollonds Vorrichtung, der zwey halbe Objective nimmt, bequemer als Bouguers seine. Bey jener findet man den Werth der Schraubengänge, wodurch die Objective beweget werden, aus einem einzigen Winkel, wie bey dem gewöhnlichen Mikrometer, da man mit Bouguer zwey Winkel brauchet. Der Abstand der Mittelpuncte der Dollondischen Objective kann null werden, und wenn sie nicht beysammen stehen, kann man ihren Abstand messen; auch kann man mit ihnen ganz kleine Winkel messen, mit Bouguers seinen nicht so leicht. Entlehnet aus Hrn. Kästners astron. Samml. B. 2. S. 409. ff. K.

d) Philos. Trans. vol. 48, p. 178 (Dollond schlägt vor, die Länge des Fernrohres zu verkürzen, hinter den halben Objectiven ein ganzes zu setzen. Phil. Trans vol. 48. p. 558. wo er seine Gedanken umständlicher als in dem ersten Aufsatze, pag 178 eröffnet.

Brennspiegel.

Hr. D. Zeiher gab sich viel Mühe um die Verfertigung der **Brennspiegel**, besonders in der lobenswerthen Absicht sie wohlfeiler zu machen, so daß fast jeder Naturforscher sie in seiner Privatsammlung haben möchte. Zuerst wollte er Kirchers Entwurf ausführen, ehe er erfuhr, was Büffon durch eine Verbindung mehrerer Planspiegel geleistet hätte. Darauf machete er ein nach **Newtons** Art eingerichtetes und verbessertes Instrument, das aus mehrern Hohlspiegeln bestand, die er, zur Ersparung der Kosten aus ebenen Glasplatten bereitete, indem er diese auf metallene Schüsseln legte, und sie so heiß machete, daß sie dieselbe Gestalt mit diesen annahmen [e]).

Richmann machete allerhand Versuche, das Verhältniß der Hitze, welche Brennspiegel in verschiedenen Entfernungen von ihrem Brennpuncte hervorbringen, zu erfahren, und sie mit der natürlichen Wärme des Sonnenlichtes zu vergleichen; er konnte aber nichts bestimmtes herausbringen, und ob er gleich einen andern Weg vorschlägt, der wahrscheinlicher Weise besser glücken sollte, so findet sich doch nicht, daß er seinen Entwurf je ausgeführet hätte [f]).

Abzeichnungsperspectiv.

Zum Schlusse dieser Nachricht von optischen Werkzeugen füge ich noch die von einem Werkzeuge bey, das uns Hr. **Martin** unter dem Namen Graphical Perspective, Abzeichnungsperspectiv, beschreibt. Es besteht aus einer Röhre, mit zwey Linsengläsern [g]), die um das doppelte ihrer Brennweite von einander stehen, und in deren gemeinschaftlichem Brennpuncte ein anderes Glas sich befindet, welches mit der Spitze eines Diamantes in gleiche Vierecke eingetheilet ist. Ungeachtet also dieses Werkzeug keine Vergrößerung verschaffet, so dienet es doch, den Winkel, unter welchem ein Sache gesehen wird, auf eine leichte Art zu erfahren. Da dieser Winkel sich nach der Entfernung des Objectes richtet, so kann man mittelst dieses Werkzeuges unzugängliche Höhen und Weiten messen; und weil das Gesichtsfeld in gleiche Vierecke getheilet ist, so dienet es die Ansichten der Gegenstände aufzunehmen. Weil auch alles fremde Licht durch die Röhre abgehalten wird, so giebt es Gemälden, die man dadurch betrachtet, eine schöne Erhobenheit, so daß theils dieser Ursache willen, und theils, weil die Objecte sich darinn umgekehrt entwerfen, die Bilder in einem verfinsterten Zimmer sich besonders schön dadurch ausnehmen. Nimmt man ein Linsenglas von größerer Brennweite zum Vorderglase, so verwandelt sich dieses Werkzeug in ein Fernrohr, wodurch Kupferstiche vergrößert erscheinen;

eröffnet. Am vortheilhaftesten, saget er, werden die halben Objective an dem Ende eines reflectirenden Teleskops angebracht, wo der große Hohlspiegel sich gegen sie so verhält, wie dort das ganze Objectiv gegen sie sich verhält — Beschreibungen und Abbildungen von wirklichen Teleskopen, an welche dieses Objectivmikrometer angebracht ist, giebt Hr. de la Lande, Astron. § 1945 — 1960 — Eine sehr wohlfeile Art, sich ein Objectivmikrometer, zum Gebrauche bey Beobachtungen eines Kometen, zu verfertigen, giebt Hr. Lambert an; Beyträge zur Mathem. Th. 3. S. 221 — Eine Disputation de micrometro obiectiuo haben Hallencreuz und Insulin 1767 zu Upsala vertheidiget. K.

e) Noui Comm. Petrop. vol. 7, p. 237.

f) Noui Comm. Petrop. vol. 3. p. 340.

g) Von gleicher Brennweite. K.

nen; nimmt man ein kleineres, so hat man ein Mikroskop, und beydemal läßt sich dasselbe Mikrometer gebrauchen[h]).

Zusätze des Uebersetzers.

I. In einer Abhandlung sur les lorgnettes achromatiques, in den nouveaux Mem. de Berlin 1771, p. 338. zeiget Hr. **Lambert**, wie man in Perspectiven mit einem Augenglase allein, oder mit einem davor befindlichen dritten Converglase, die Farbenspielung vermeiden könne, ohne daß man nöthig hat, zweyerley Glasarten zu nehmen. Man kann die Möglichkeit hievon ohne Rechnung folgendermaaßen sich begreiflich machen — Die blauen Strahlen fahren nach der Brechung durch das Objectivglas nach einem nähern Puncte hinter dem Ocular zu als die rothen. Nun werden sie aber durch das Ocular wieder stärker gebrochen, als die rothen, um das virtuelle Bild vor dem Ocular zu machen, und zwar nach der entgegengesetzten Seite hin, als wohin sie vorher gebrochen wurden. Also muß es wohl möglich seyn, die Veranstaltung so zu treffen, daß sie nunmehr mit den rothen von einem Puncte herkommen. Mit einem converen Ocular geht dies nicht an, weil die zweyte Brechung den Vereinigungspunct der blauen noch mehr entfernet — Diese Betrachtungen können dienen, die Ursache der S. 61. dieser Uebers. bemerkten Vorzüge, welche das galileanische Fernrohr in einigen Stücken vor dem astronomischen hat, besser zu erklären.

II. **Nachtfernröhre**, (lunettes de nuit, telescopia nocturna) oder **Katzenaugen** sind ordentliche astronomische Fernröhre, die zwar wenig vergrößern, aber desto mehr übersehen lassen, und wegen ihrer großen Oeffnung, Gegenstände, die nicht sehr leuchten, als Kometen, teleskopische Fixsterne, sichtbar machen. Man kann sie auf eine ganz einfache Art einrichten, wenn man dem Objectiv eine größere Oeffnung und dem Ocular eine größere Brennweite, als sonst gewöhnlich, giebt. Hr. **Lambert** beschreibt ein solches, dessen er sich zu bedienen pfleget, in seinen Beyträgen, Th. 3, S. 204. Das Objectiv hat 7 Zoll, das Augenglas 1 Zoll Brennweite, die Oeffnung des Augenglases ist 1 Zoll im Durchmesser; das Objectiv bekömmt eine Oeffnung von 8 bis 12 Linien im Durchmesser, jene bey Tage, weil da der Augenstern klein ist, diese bey Nacht. Dieses Instrument fasset 6 bis 7 Grad am Himmel, und läßt bey hellen Nächten die Trabanten des Jupiters erkennen, wenn sie ihm nicht zu nahe sind. Eben daselbst, S. 205 beschreibt er eine Lorgnette, die nur $2\frac{1}{2}$ Zoll lang ist, und über 7 Grade fasset. Das Objectiv hat eine Brennweite von $3\frac{1}{4}$ Zoll, und eine Oeffnung von 13 Linien. Das Augenglas ist concav, und hat eine Brennweite von 1 Zoll.

Hr. **de la Lande** redet von diesen Nachtfernröhren auch in seiner Astronomie § 1811 der 1 Ausg. und scheint zu glauben, daß er das Geheimniß derselben zuerst entdeckete. Die Sache muß aber doch schon länger bekannt gewesen seyn, theils weil

h) Martin's Opticks, p. 288.

weil sie leicht zu erfinden war, theils weil Huygens schon dergleichen Fernröhre beschreibt, die zwey Oculare haben, zwischen welche das Bild des Gegenstandes fällt*). Man kann auch zwey Convergläser zwischen das Objectivglas und das Bild setzen, dergleichen Musschenbröck beschrieben und abgebildet hat**). Mehrere Untersuchungen hierüber findet man in Hrn. Kästners astron. Samml. B. 2. S. 252, ff.

III. Eine Vergleichung der bekanntesten und besten Vergrößerungsgläser hat Hr. D. Pelisson in dem ersten Stücke der Beschäfftigungen der Berlinischen Gesellschafft ꝛc. S. 352 mitgetheilet. Das Kuffische, wie es von Ring und Dennebruch in Berlin verfertiget wird, rühmet er wegen seiner Wirkung, bequemen Form und Einrichtung des Zubehörs, auch wegen der äußern Simplicität. Diesem komme das Brandersche sehr nahe, wiewohl man von letzterm noch etwas mehr Festigkeit in der Zusammensetzung erwarten könne. — Die von Adams in England verfertigten Mikroskope, welche daselbst sehr in Ansehen stünden, habe er zwar nicht gesehen, doch theilet er die Einrichtung mit. Es hat ein doppeltes Ocular — das von Reinthaler in Leipzig verfertigte habe eine vortreffliche Bewegung der Röhre mittelst eines Rades mit einer gezähnten Stange, komme sonst in der Wirkung dem Kuffischen nahe — Hofmann in Leipzig verfertige zweyerley Gattungen, deren eine wegen der Klarheit, das andere wegen der Vergrößerung viel Lob verdiene, aber in Absicht auf äußere Gestalt, Festigkeit und Bequemlichkeit andern nachstehe — das Dellebarische Mikroskop sey von seinem Erfinder in Holland mit einem marktschreyerischen Tone angepriesen, habe aber nichts vorzügliches an sich, wie das von der Berliner Akademie für 70 Rthlr. erkaufte Stück beweise. Das Gesichtsfeld sey wegen des verdoppelten Oculars groß, sonst gebe es wenig Klarheit, sey dabey unbequem und wandelbar. Herr Pelisson theilet dabey eine Vergleichungstafel der Einrichtungen aller dieser Mikroskope mit, in der aber, wenn ich sie anders recht verstehe, die Einrichtung des Objectivglases nicht mit angeführet ist. Für eines der vollkommensten Mikroskope, saget er, würde er dasjenige halten, welches nach der Kuffischen Methode eingerichtet wäre, statt der Stellschraube den Reinthalerischen Mechanismus des Rades und der gezähnten Stange, und vom Hofmannischen die Röhre zu den Gläsern hätte. Zur Ausmessung empfiehlt er das nach Branderscher Art eingerichtete Mikrometer, welches aus einem auf einer runden Glasscheibe, in 3600 kleine getheilte Quadrate von $\frac{1}{2}$ Zoll besteht.

Der sinnreiche und fleißige Mechanicus Brander in Augsburg hat die von ihm verfertigten Mikroskope in einer kleinen, 1769 zu Augsburg herausgegebenen Schrift beschrieben, und abgebildet. Beyde sind in der innern Einrichtung einerley und bloß in der äußerlichen verschieden; das eine hat ein Gitter- das andere ein Schraubenmikrometer. Von eben diesem Künstler ist in gegenwärtigem Jahre eine Zugabe zu seiner 1769 herausgegebenen Beschreibung einer Camera obscura herausgekommen. Es ist nun aus derselben eine optische Universalmaschine geworden

*) Dioptrica, prop. 51. **) Introd. in phil. nat. vol. 2, p. 795.

den; indem man die verschiedenen Stücke ändert und anders zusammensetzet, nachdem man diese oder jene Absicht hat.

Hr. Prof. **Wiedeburg** in Jena hat die **Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroskops bekannt gemachet**, wovon in diesem Jahre eine neue Auflage erschienen. Das wichtigste scheint mir darinn die Vorrichtung zur Bewegung des Spiegels zu seyn, wozu er ein Räderwerk brauchet, welches zwischen zwo Tafeln eingeschlossen ist, nur daß mir wegen der dabey vorkommenden Schrauben die erste Richtung des Spiegels gar zu langsam auszufallen scheint, wiewohl dafür auch die wegen des veränderten Standes der Sonne nöthige Verrückung des Spiegels desto behender geschieht.

IV. Hr. **Lambert** kam bey Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Sprachröhren auf den Gedanken: ein ähnliches Werkzeug für das Licht wie für den Schall zu erfinden. Er beschreibt seine Erfindung in dem Jahrgange von 1770 der Mem. de Berlin, p. 51. Diese Erleuchtungsröhren sind hole abgekürzte Kegel von weißen wohl polirten Bleche. Zum Versuche nahm Hr. Lambert eine solche Röhre, die 10 Zoll lang, an dem einen Ende $2\frac{5}{8}$ Zoll, an dem andern $4\frac{1}{4}$ Lin. weit war. Mit dieser konnte er mittelst der Sonnenstrahlen eine Lunte, welche er in die kleine Oeffnung hielt, in zwo Minuten in Brand bringen. Wie er sie mit der kleinen Oeffnung vor eine Lichtflamme brachte, warf sie das Licht so weit, daß er 40 bis 45 Fuß davon lesen konnte. Die Höhe des abgeschnittenen Kegels muß dem Halbmesser der größern Oeffnung des Kegelstückes gleich seyn. Die Axe des abgekürzten Kegels kann 5 Zoll werden, so wird die Axe des ganzen $7\frac{1}{3}$ Zoll, also der Durchmesser der größern Oeffnung $4\frac{2}{3}$ Zoll. Die unterste Seite des Kegelstückes machet mit der zu erleuchtenden Fläche am besten einen Winkel von 45 Grad. Die obere Oeffnung wird senkrecht abgeschnitten, wenn diese Fläche horizontal ist. Das Blech so zu schneiden, daß der Schnitt, wenn es zusammen gefüget wird, eine senkrechte Ellipse machet, lehret Hr. Lambert durch eine artige geometrische Construction. Er hat eine solche Erleuchtungsröhre an einer Lampe angebracht, die in dem wesentlichen mit den gewöhnlichen übereinkömmt. Die Erleuchtung ist sehr bequem und gleichförmig, die Lampe wird zur Seite gesetzet. Hr. Lamb. stellet die Lichtflammen 12 bis 13 Zoll hoch, und 2 Fuß vom Papier am Ende des Tisches. Auf solche Art erhält er über den ganzen 5 Fuß langen Tisch ein sehr gutes und gleichförmiges Licht. Man kann eine solche Lampe sehr gut brauchen, um im Bette auf 5 bis 8 Fuß weit davon zu lesen. Als er aus einem Fenster, das 15 Fuß hoch über der Gasse war, die Gasse erleuchtete, konnte man in der Weite von 60 Fuß jeden Strohhalm erkennen, und in einer Weite von 35 bis 40 Fuß lesen.

Vierzehnter Abschnitt.

Erweiterungen in dem mathematischen Theile der Optik.

Die Optik hat gewiß keine Ursache sich über die Mathematik zu beschweren, daß diese ihr nicht alle mögliche Dienste geleistet hätte. Sehr viele vortrefflich ausgeführte Abhandlungen in diesem Fache sind in den Sammlungen einiger naturforschenden Gesellschaften erschienen, ohne die Bücher zu rechnen, welche besonders über diesen Gegenstand abgefasset sind. Diejenigen, die sich in diesem Felde am meisten gezeiget haben, sind die Herren **Euler**, **Clairaut** und **d' Alembert**.

Kein Umstand, der zur Vollkommenheit der Fernröhre etwas beyträgt, ist der Aufmerksamkeit des Hrn. **Euler** entgangen. Seine mühsamen Rechnungen in diesem Fache finden sich in den Abhandlungen der Berliner Akademie zerstreuet, sie sind aber gegenwärtig in ein System zusammengetragen, in einem zu Petersburg gedruckten Werke, das in den Nou. Comm. Petrop. vol. 12, p. 23 angekündiget ward [a]). Die Abweichung der Lichtstrahlen durch sphärische Gläser ist vom Hrn. **Kästner** berechnet, dessen Abhandlungen über diese Sache in den Comment. Gotting. vol. 1, p. 185. und vol. 2, p. 183 sich befinden [b]). Der Graf **von Redern** gab sich auch viele Mühe, die Gründe, worauf die Verfertigung der Teleskope und

a) Dieses Werk ist zu Petersburg in den Jahren 1769 1770. und 1771. in drey groß Quartbänden von 337. 592. und 440 Seiten mit einigen Kupferplatten herausgekommen. In dem ersten Bande werden die allgemeinen Gründe zur Verfertigung der Teleskope sowohl als der Mikroskope vorgetragen, welche in dem zweeten Bande auf die Fernröhre, die dioptrischen sowohl als katadioptrischen, und in dem dritten auf die Mikroskope angewandt werden. In diesem vortrefflichen Werke sind alle dioptrische Formeln und Gleichungen so nett, so geschmeidig, und unter allen Gestalten und Abänderungen vorgetragen, daß es vor allen Schriften in dieser Materie einen großen Vorzug hat. Man braucht nur sehr mäßig in mathematischen Rechnungen geübt zu seyn, um es durchgehends zu verstehen, und man erwirbt sich eine nicht geringe Fertigkeit in Behandlung der Gleichungen zwischen vielerley veränderlichen Größen, wenn man die häufigen Anwendungen der allgemeinen Rechnungen auf bestimmte Fälle gemachet sieht. Ich gebe nur den Rath, daß man sich die Grundgleichungen zwischen den dioptrischen Größen besonders ausziehe, damit man über die Verschmelzung und Verflechtung derselben nicht verwirret, und durch die Wiederhohlungen weniger aufgehalten werde; wie auch, daß man sich zu jedem Falle eine besondere Figur zeichne, weil Hr. Euler zu allen Fällen nur einerley Figur braucht. Künstler werden zwar eine Menge vollständig berechneter Fälle finden; inzwischen werden sie das Werk wohl nicht ohne Hülfe brauchen können. Wie ich vernehme, hat Hr. E. aber schon in einer ganz neulich herausgekommenen Schrift, Instruction pour porter les lunettes au plus haut degré de perfection, für sie gesorget. **K.**

b) Hr. **Kästner** ist der erste, der eine vollständige Anwendung der allgemeinen Arithmetik auf die Optik geliefert hat, und zwar in seiner Ausgabe der Smithischen Optik, Altenb. 1755. 4. Es wäre zu wünschen, daß dieser scharfsinnige Gelehrte sich entschlösse, zur Ergänzung dieses Werkes der Optik einen ähnlichen Dienst zu thun, wie er ihn der Astronomie durch die reichhaltigen astronomischen Sammlungen gethan hat. **K.**

und Mikroskope beruhet, aus einander zu setzen, und daraus Regeln für die Ausübung herzuleiten [c]).

Brechungslinie.

Die Erscheinungen des Lichtes leiteten den Herrn **Mairan** auf die Vorstellung einer krummen Linie, welche noch eine andere als die Brennlinie ist, und die er die Brechungslinie (refractoire) nennt, weil sie die scheinbare Gestalt des ebenen Bodens eines mit Wasser gefüllten Gefäßes, für ein über der Mitte der Oberfläche senkrecht befindliches Auge darstellet. Der Boden wird sich diesem Auge von der Mitte auswärts zu erheben scheinen, aber die scheinbare Krümmung wird immer geringer werden, so daß die Fläche des Wassers eine Asymptote davon ist. Er fand verschiedene Arten dieser krummen Linien, entwickelt ihre Eigenschaften geometrisch, und zeiget ihre Verwandschaft mit den Brennlinien gebrochener Strahlen [d]).

Lichtlinie.

Weil eine Linie, sie sey gerade oder krumm, von einem leuchtenden Puncte an verschiedenen Stellen verschiedentlich erleuchtet wird, nachdem diese Stellen mehr oder weniger von dem Licht entfernet sind, so nahm **Kurdwanowski**, ein polnischer Edelmann, daher Gelegenheit, eine krumme Linie anzugeben, deren Ordinaten die verschiedenen Wirkungen des Lichtes auf die verschiedenen Puncte irgend einer krummen Linie ausdrücken. Er nennt diese krummen Linien courbes à la lumiere [e]).

Smiths Lehren von der scheinbaren Gestalt rc.

Dr. **Smith** hat in einer Reihe von Lehrsätzen, die scheinbare Gestalt, Lage, Größe und Entfernung großer Gegenstände bestimmen gelehret, die man durch gebrochene oder zurückgeworfene Strahlen sieht [f]). Diese Untersuchung hat **Newton** nirgends berühret, und bloß ein paar Fälle davon haben **Huygens** und **Barrow**, wiewohl unvollständig vorgenommen. Sie gehöret also unserm Verfasser eigenthümlich zu, weil sie aber keines Auszuges fähig ist, so muß ich den mathematischen Leser auf das Buch selbst verweisen, und mich bemühen, einige der merkwürdigsten Erscheinungen anzuführen, die Smith durch seine Grundsätze erkläret hat.

Ein gerades Object muß seiner Theorie zufolge, wenn man es durch ein auf beyden Seiten ebenes Glas betrachtet, ein wenig hohl nach dem Auge hin aussehen, wiewohl dies fast unmerklich ist, es müßte denn das Glas sehr dicke seyn [g]).

Auch stimmet es mit dieser Theorie überein, daß ein großes ebenes Object, welches man durch ein tiefes Hohlglas betrachtet, allemal gegen das Auge hohl scheinet, und dieses desto mehr, je weiter das Object entfernet ist, und das Auge zugleich etwas vom Glase absteht [h]).

Ein großes ebenes Object, welches man durch ein sehr dickes Converglas, oder eine dicke Kugel umgekehret erblicket, sieht einem etwas vom Glase entfernten Auge convex aus, aber hohl, wenn es aufrechtstehend erscheint. Die parallelen Fäden eines Mikrometers sind ein anderes Beyspiel, als welche immer gegen das Auge

c) Mem. de Berlin, 1761.

d) Hist. de l'Ac. de Par. 1740. p. 121. Mem. p. 1.

e) Ibid. 1732. p. 135.

f) Opticks, vol. 1. p. 135. (d. d. A. S. 144 Smiths Grundsatz von der scheinbaren Weite ist aber ganz unerwiesen und ohne Zweifel unrichtig, S. dieser Periode 12 Abschn. 6 Kap. K.)

g) Opticks, Remarks, p. 83.

h) Ibid. p. 84.

Auge hohl und gegen einander erhoben scheinen, wenn sie soweit von einander gestellet werden, daß man sie mittelst der durch den Rand des Glases kommenden Strahlen sieht [i]).

Einige merkwürdige Ereignisse beym Sehen mit beyden Augen erkläret Smith gleichfalls aus diesen Grundsätzen. Insonderheit untersuchet er den oben angeführten Versuch mit dem Zirkel umständlicher und füget noch eine andere Art bey, wie man die Schenkel desselben beobachten könne.

Zwo Sachen scheinen wie drey.

Man soll nämlich den Zirkel bis auf eine gewisse Weite öffnen, und ihn an dem Gewinde mit seinen Schenkeln in eine Ebene halten, die soviel möglich senkrecht auf die Ebene durch die Sehearen ist, so daß dabey die Spitzen in dieser letztern liegen; die Axe des rechten Auges soll unverwandt nach der Spitze linker Hand und die Axe des linken Auges nach der Spitze rechter Hand gerichtet werden; alsdenn werden die beyden innern von den vorher doppelt gesehenen Schenkeln in einen einzigen zusammenrücken, der wie ein dritter Schenkel in der Mitte zwischen den beyden andern erscheinen, und unten von dem Gewinde hinauf nach dem Durchschnitte der Sehearen hin sich erstrecken wird. Dieser mittlere Schenkel wird, wenn man ihn aufmerksam betrachtet, kleiner zu werden, und dem Auge näher zu kommen scheinen, so wie die wahren Schenkel allmählig von einander entfernet werden; aber größer werden und sich entfernen, wenn man diese einander nähert [k]).

Eben diese Erscheinung, saget er, bemerket man auch, wenn man zwey angezündete Lichter, von gleicher Höhe und Dicke zwey oder drey Fuß von sich betrachtet; nur daß das scheinbare Licht in der Mitte dem Auge nicht ganz so nahe kömmt, als der scheinbare Schenkel des Zirkels es that, in Absicht auf das Verhältniß der Entfernungen der wahren Gegenstände.

Fig. 127.

Es seyn a a und b b die Durchmesser der Lichter, d und e die Mittelpuncte der Augenöffnungen, a e a und b d b zween Lichtkegel, die sich in f kreuzen, wo die beyden Lichter ein einziges auszumachen scheinen, dessen Dicke der Breite der Strahlenkegel in f, oder ein wenig weiter darüber hin, proportioniret ist. Werden nun die beyden Lichter allmählig von einander entfernet, so wird ihre scheinbare Vereinigung in f näher zu rücken, und kleiner zu werden scheinen, wenn man die Augen immer darauf gerichtet hält. Denn die ähnlichen und gleichen Bilder der beyden Lichter auf ähnlich liegenden Puncten der beyden Netzhäute erregen dieselbe Empfindung, welche zwey solche Bilder eines einzelnen in f befindlichen Lichtes hervorbringen würden, und man verknüpfet also damit die gewöhnliche Vorstellung eines einzelnen Lichtes.

Zieht man die Linie a f e, b f d, auf einem ebenen Brette, einen oder zween Fuß lang, und stecket in ihrem Durchschnitte f eine Nadel aufrecht feste, und hält die Augen nahe an den Rand des Brettes, ein wenig über den Puncten d und e, so wird man, indem man die Nadel steif ansieht, die beyden Linien f a, f b, als eine einzige, aufrecht stehende, auf der Stelle, wo die Nadel stecket, oder nahe bey derselben,

i) Opticks, Remarks, p. 84. k) Ibid. p. 86.

selben, erblicken. Denn in diesem Falle können sie nicht an zwo verschiedenen Stellen gesehen werden, sondern müssen in dem gemeinschaftlichen Durchschnitte der beyden Ebenen erscheinen, welche durch die Augenöffnungen und die Linien af, bf, gehen.

Erscheinungen im Hohlspiegel.

Aus diesen Gründen erkläret unser Verfasser noch eine Erscheinung, die anfangs sehr befremdend ist. Als er einen Maaßstab aufrecht zwischen seinen Augen, mit der breiten Seite nach der Stirne hin, und etwa einen Fuß weiter von einem Hohlspiegel hielte, als der Mittelpunct seiner Krümme lag, so sah er mit jedem Auge allein betrachtet, erhaben, mit beyden zugleich, hohl aus l).

Daraus erkläret er auch einen Fall, den Barrow als was besonderes anführet. Wenn einer sein Gesicht in einem Hohlspiegel, ziemlich nahe davor, betrachtet, erst mit dem rechten allein, dann mit dem linken, so wird das Bild einmal wie das anderemal sich darstellen, nur daß es in dem einem Falle mehr nach dieser Hand, in dem andern nach jener Hand hin liegt. Sieht man aber sogleich mit beyden Augen darauf, so werden die beyden Angesichter sich in einziges, weit größeres und entfernteres Angesicht, das mehr vertiefet ist, als jenes, sich vereiniget zu haben scheinen. Desgleichen scheint auch eine perspectivische Zeichnung, die man vor einem großen Hohlspiegel, ein wenig über dessen Brennpunct nach ihm zu hält, jemanden, der dichte hinter dem Blatte steht, und darüber wegsieht, in dem Spiegel viel größer und in die Ferne laufend, folglich viel natürlicher aus, als wenn man sie unmittelbar betrachtet m).

Zusatz des Uebersetzers.

Der vorhergehende Abschnitt ist etwas mager ausgefallen, besonders da das meiste in den 12. Abschnitt gehöret, wiewohl ich auch gestehen muß, daß es nicht leicht seyn würde, einen verständlichen Auszug aus den hieher gehörigen mathematischen Schriften zu geben. Ich gedachte anfangs einen solchen aus d'Alemberts und Eulers Schriften zu versuchen: allein, wenn es gleich nicht schwer gewesen wäre, aus des letztern Dioptrik die Grundgleichungen auszuziehen, so möchten doch bloße Formeln ohne allen Beweis oder doch wenigstens ohne die nöthigen Erläuterungen, die hier zu weitläuftig geworden wären, keinen Nutzen haben. Indessen will ich zur Probe einen Auszug aus Herrn Eulers Berechnungen von der Zerstreuung der Strahlen wegen der verschiedenen Brechbarkeit geben, damit man sich von seiner Methode wenigstens einigen Begriff machen möge.

Z________A_____a_____B______b____C_________c

Es seyn drey Convexgläser in A, B, C, der Gegenstand in Z, dessen Bild durch das Glas A falle in a, das Bild von a durch das Glas B in b, das Bild von b durch das Glas C in c, und so immer weiter. Die Entfernung ZA sey a, die Entfernungen

l) Opticks, Remarks, p. 86.

m) Ibid. p. 87.

fernungen $Aa=\alpha$; $aB=b$; $Bb=\beta$; $bC=c$; $Cc=\gamma$, u. s. w. Dieses seyn die Entfernungen der Bilder für die Strahlen von mittlerer Brechbarkeit; für die am wenigsten oder am meisten brechbaren Strahlen verändern sich α um $d\alpha$; b um db oder $-d\alpha$; und damit β um $d\beta$; c um dc oder $-d\beta$; endlich γ um $d\gamma$. Weil diese Veränderungen klein sind, so werden sie wie differentiale behandelt. Die Brennweiten der Gläser für die mittlern Strahlen seyn p, q, r; so ist $p=\frac{a\alpha}{a+\alpha}$; $q=\frac{b\beta}{b+\beta}$; $r=\frac{c\gamma}{c+\gamma}$. Diese verändern sich auch für die Strahlen von den äußersten Gattungen, so daß $dp=\frac{aa\,d\alpha}{(a+\alpha)^2}=\frac{pp}{\alpha\alpha}d\alpha$, mit a sich nicht verändert; aber $dq=\frac{bb\,d\beta+\beta^2 db}{(b+\beta)^2}=\frac{qq}{\beta\beta}d\beta+\frac{qq}{bb}db$, weil b sowohl als β sich verändern; und eben so $dr=\frac{rr}{\gamma\gamma}d\gamma+\frac{rr}{cc}dc$. Es sey der Halbmesser der vordern Fläche des ersten Glases $=f$, der hintern $=g$, das Verhältniß der Brechung der mittlern Strahlen aus Luft ins Glas $n:1$, so ist $p=\frac{fg}{(n-1)(f+g)}$; also $dp=\frac{-dn}{(n-1)^2}\times\frac{fg}{f+g}=\frac{-dn}{n-1}\cdot p$. Eben so wird $dq=\frac{-dn}{n-1}\cdot q$; $dr=\frac{-dn}{n-1}r$.

Hieraus erhält man

$$\text{I. } d\alpha=\frac{-dn}{n-1}\cdot\frac{\alpha\alpha}{p}$$

$$\text{II. } d\beta=\frac{-dn}{n-1}\left(\frac{\alpha\alpha}{p}\cdot\frac{\beta\beta}{bb}+\frac{\beta\beta}{q}\right)$$

$$\text{III. } d\gamma=\frac{-dn}{n-1}\left(\frac{\alpha\alpha}{p}\cdot\frac{\beta\beta}{bb}\cdot\frac{\gamma\gamma}{cc}+\frac{\beta\beta}{q}\cdot\frac{\gamma\gamma}{cc}+\frac{\gamma\gamma}{r}\right)$$

Das Gesetz des Fortganges fällt hier deutlich genug in die Augen. Man sieht aber auch, daß die Zerstreuung der Strahlen nicht gehoben werden kann, woferne nicht die Brennweite eines oder mehrerer Gläser negativ wird, oder wenn einige Gläser nicht vertiefte Flächen bekommen. Z. E. wenn man zwey Gläser hat, nehme man zum Ocular ein Hohlglas, so wird die Ordnung der Gläser und Bilder folgende

Z_________A_________b_____B_____a

wo b aber nur ein virtuelles Bild, ein Zerstreuungspunct ist. Hier muß man statt b, β und q, ihre entgegengesetzte Werthe schreiben, also wird $d\beta=\frac{dn}{n-1}\left(\frac{\alpha\alpha}{p}\cdot\frac{\beta\beta}{bb}-\frac{\beta\beta}{q}\right)$ und die Farbenzerstreuung ist gehoben, wenn $\alpha\alpha:bb=p:q$; und in dem Falle, da a unendlich oder sehr groß, also $p=\alpha$ ist, wenn $p:b=b:q$.

Nimmt man p nach Belieben an, und bestimmt die Entfernung β in welcher der Zerstreuungspunct vom Auge oder dem Ocularglase liegen soll, so läßt sich aus der

der eben gefundenen Proportion, und der Formel für q diese q sowohl wie b berechnen. Eben so kann man, wenn man noch ein Convexglas vor das hohle Ocular bringt, eine Einrichtung treffen, die Farbenzerstreuung zu vermeiden, in sofern die Abweichung wegen der Kugelgestalt keine Schranken setzet. Auch sieht man, warum, wenn man ein gedoppeltes Objectiv brauchet, um die Farbenzerstreuung zu heben, eines nothwendig ein Hohlglas oder doch ein planconcaves seyn muß. Es ließe sich dieser Endzweck auch mit einerley Art Glase erhalten, wenn nicht die Kugelgestalt zu große Einschränkungen machete. Darum sind zweyerley Arten Glases nöthig, für welche die obige Rechnung ganz leicht eingerichtet wird, wenn man den Werth von d p oder d q darnach gehörig ändert.

Der farbichte Rand läßt sich vermeiden, wenn man die Einrichtung so machet, daß die ungleichartigen Strahlen, welche von der Gränze des Gegenstandes durch die Mitte des Objectivs gehen, nach allen Brechungen wieder parallel werden. Dazu muß man den Winkel derselben mit der Axe nach der letzten Brechung wissen, welches ich hier nicht ausführen kann. Man sehe Hrn. Eulers Dioptrik, B. 1, S. 240 ff. Nur muß man noch bemerken, daß die ungleichartigen Strahlen sich nicht weiter als die Breite des Augensternes von einander entfernen dürfen — Die obigen Formeln trifft man daselbst § 300, wiewohl in einer andern Gestalt an.

Funfzehnter Abschnitt.

Vermischte Bemerkungen.

Ich habe in dieser Periode meiner Geschichte so viele besondere Abschnitte gemachet, daß mir für diesen von vermischtem Innhalte wenig übrig bleibt. Das übrig gebliebene ließ sich nicht wohl unter eine der vorigen Rubriken bringen, und doch ist es so beschaffen, daß es der Leser ohne Zweifel seiner Aufmerksamkeit werth finden wird.

Fast alle optische Versuche sind mit dem Sonnenlichte angestellet, und wenige haben daran gedacht, dieses in einer oder der andern Absicht mit dem Lichte anderer brennender Körper zu vergleichen, welches doch Anlaß zu wichtigen Entdeckungen geben könnte. Einige hieher gehörige Beobachtungen inzwischen hat Hr. Melville gemachet, die ich hier mittheile, weil sie den Grund zu etwas größerm legen mögen.

Versuche mit dem Lichte brennender Geister.

Körper von einer der Hauptfarben, namentlich roth, gelb, grün und blau, verändern sich bey dem Lichte brennender Geister sehr wenig; schüttet man aber, während daß sie brennen, Salze allmählig hinzu, so erfolgen allerhand Veränderungen. Vermischet man Salmiak, Pottasche oder Alaun damit, so erscheint die Farbe der rothen Körper etwas verblasset und schmutzig. Grün und blau sieht fast so aus, wie bey Kerzenlichte, beydes nämlich blaß, und fast gar nicht von einander verschieden. Weiß und gelb verändern sich fast gar nicht.

Wenn

Wenn Salpeter oder Seesalz zu den brennenden Geistern in Menge gethan, und alles mit einander tüchtig umgerühret wird, so wird das helleste roth bey diesem eine schmutzige Lohfarbe (tawny brown) annehmen, ohne daß die geringste Beymischung von roth darinn zu erkennen wäre. Grün verwandelt sich in eine andere Art von braun, das sich von jenem nur darinn unterscheidet, daß es in eine lebhafte Olivenfarbe fällt. Wird Salpeter, aber in mäßiger Menge, zu den brennenden Geistern gethan, so bleibt noch immer etwas von einer grünlichten Farbe übrig. Dunkelblau unterscheidet sich von schwarz fast gar nicht, als darinnen, daß es schwärzer aussieht. Hellblau verwandelt sich in ein lichtbraun, von einer besondern Gattung. Weiß nimmt einen bleichgelben Schein an, gelb allein bleibt unverändert, und wird sehr glänzend.

Diese Versuche machete er mit allerhand Arten stark gefärbter Sachen, als Seidenzeuge, Tücher, und Malerfarben. Polirtes Kupfer, das von der Luft eine hohe Feuerfarbe bekommen hatte, schien bey eben diesem Lichte wie Meßing. Die Zuschauer sahen im Gesichte und an den Händen wie Leichname aus, und andere gemischte Farben, in welchen roth oder grün enthalten war, litten eben solche Veränderungen.

Er stellete einen Pappbogen, mit einem runden Loche, zwischen sein Auge und die Flamme der angezündeten Geister, um einen kleinern und begränzten Gegenstand zu haben, und untersuchete mittelst eines Prisma, dessen brechenden Winkel er aufwärts hielte, die Beschaffenheit dieser verschiedenen Gattungen Lichtes, da er denn fand, daß in dem ersten Falle, nämlich wenn Salmiak, Pottasche oder Alaun hinzugethan ward, Strahlen von jeder Gattung von der Flamme kamen, aber nicht in gleicher Menge, weil die gelben in größerer Anzahl als die übrigen zusammen waren, und das rothe weit schwächer als das grüne und blaue war. Ward Salpeter oder Seesalz hinzugethan, so war blau ein wenig zu sehen, aber sehr schwach und blaß. Letzteres machete das grün eben so blaß, ersteres gab ein starkes grün. Nahm er beyde Salze mit einander, so sah er kaum eine Spur von roth, besonders wenn sie in Menge dazu geschüttet, und die Geister immer umgerühret wurden. So oft man einhielte, kamen die rothen Strahlen unterhalb des Loches offenbar wieder zum Vorschein, und rothe Körper, die man mittelst dieses Lichtes sahe, nahmen ihre gewöhnliche Farbe einigermaaßen wieder an; wobey es ein artig Schauspiel war, zu sehen, wie das rothe wieder verschwand, sobald das Zuschütten des Salzes und das Umrühren wieder angieng.

Das gelbe zeigete sich bey diesen Versuchen noch in weit reichlicherer Maaße im Verhältnisse gegen die andern Farben, als bey jenen, sogar daß das Loch, wenn man es durch das Prisma ansah, bloß diese gelbe Farbe hatte, und so deutlich begränzet war, als wenn man es durch ein ebenes Glas betrachtet hätte; außer daß an der obern Seite ein sehr blaßer Streifen von grün und blau zu sehen war. Weiße Körper, die von diesem Lichte erleuchtet wurden, schienen durch das Prisma völlig deutlich begränzet; Ereignisse, die, wie er saget, denjenigen sehr befremdend vorkommen müssen, welche das Prisma bloß im ungleichartigen Lichte zu gebrauchen

gewohnt

gewohnt sind, wo es allemal den Rand der Gegenstände undeutlich begränzet erscheinen läßt.

Er beobachtete bey diesem Lichte auch Seifenblasen, konnte aber daran keine helle von dunkeln abgesonderte Streifen entdecken; weil das grüne und blaue zu schwach war, um sein Auge zu rühren [a]).

Unser Verfasser beschließt seinen Aufsatz mit folgender Frage: Sind nicht die Strahlen, welche leuchtende Körper geben, von welcher Gattung sie auch seyn, mit den Sonnenstrahlen gleiches Wesens, sowohl was die Farbe als den Grad der Brechbarkeit anlangt; und sind nicht leuchtende Körper von einander bloß darinn unterschieden, daß die einen Strahlen von dieser Farbe, andere von jener Farbe am häufigsten aussenden, so wie undurchsichtige Körper sich durch die Farbe des auffallenden Lichtes, welches sie am häufigsten zurücksenden, von einander unterscheiden? Müßte man aber nicht, fährt er fort, um unsere Induction hinlänglich beweisend zu machen, Versuche mit dem Lichte mancherley Körper anstellen? und würde es nicht sehr zur Aufklärung dieser Frage dienen, wenn man, nach Newtons Methode, einen Sonnenstrahl bloß aus Strahlen von solchen Farben und in den Verhältnissen zusammensetzte, wie man sie in dem Lichte brennender Geister und Salze wahrnimmt? Ferner, sind auch nicht die Zwischenräume der Anwandlungen der Strahlen von einer gewissen Farbe in demselben Mittel einerley, sie mögen, von welchem Körper es sey, herkommen? Denn wenn diese Zwischenräume verschieden wären, würden sich dann nicht an den Farben der Körper Veränderungen bemerken lassen, welche man aus der Zusammensetzung der Lichter, wodurch sie erleuchtet werden, nicht erklären könnte?

Zu diesen Bemerkungen vom Melville füge ich folgende vom Mußschenbroek gesammelte bey. Das Licht vom Kampher, wie auch vom brennenden Zink ist weiß. Zink mit Arsenik vermischet giebt eine grünlichte Flamme. Zink mit Operment eine schwarze Flamme, und Messing im Feuer giebt eine grüne Flamme.

Farben von allerhand Mischungen.

Wiewohl die Farben verschiedener Mischungen mit der Lehre vom Lichte überhaupt nicht unmittelbar in Verbindung stehen, sondern vielmehr in eine Abhandlung von diesen Substanzen selbst gehören, so möchte doch mancher Leser hier einige Nachricht davon erwarten, und deswegen will ich hier dasjenige hersetzen, was Mußschenbroek aus Boerhaave und andern gesammelt, und selbst dazugefüget hat.

I. Farben, die in Flüßigkeiten entstehen, welche für sich keine Farben haben.

1. Weingeist mit rothen Rosen, wozu man, wenn er noch weiß ist, einen sauern Salzgeist gießt, so wenig, daß man es kaum sehen kann, giebt ein helles roth.

Viele rothe Blumen geben dem Weingeiste in kurzer Zeit keine Farbe, die doch mit Säuren ihn sogleich roth färben.

2. Eine

a) Edinb. Essays, vol. 2. p. 32.

2. Eine Auflösung von Quecksilber und Weinsteinsalz giebt **Orange.**

3. Eine Auflösung von Sublimat und Kalkwasser giebt **gelb.**

4. Eine Tinctur von rothen Rosen mit zerflossenem Weinsteinsalze oder mit Salmiakgeiste giebt **grün**, so wie auch die Tincturen vieler andern rothen Blumen von einem Alkali grün werden.

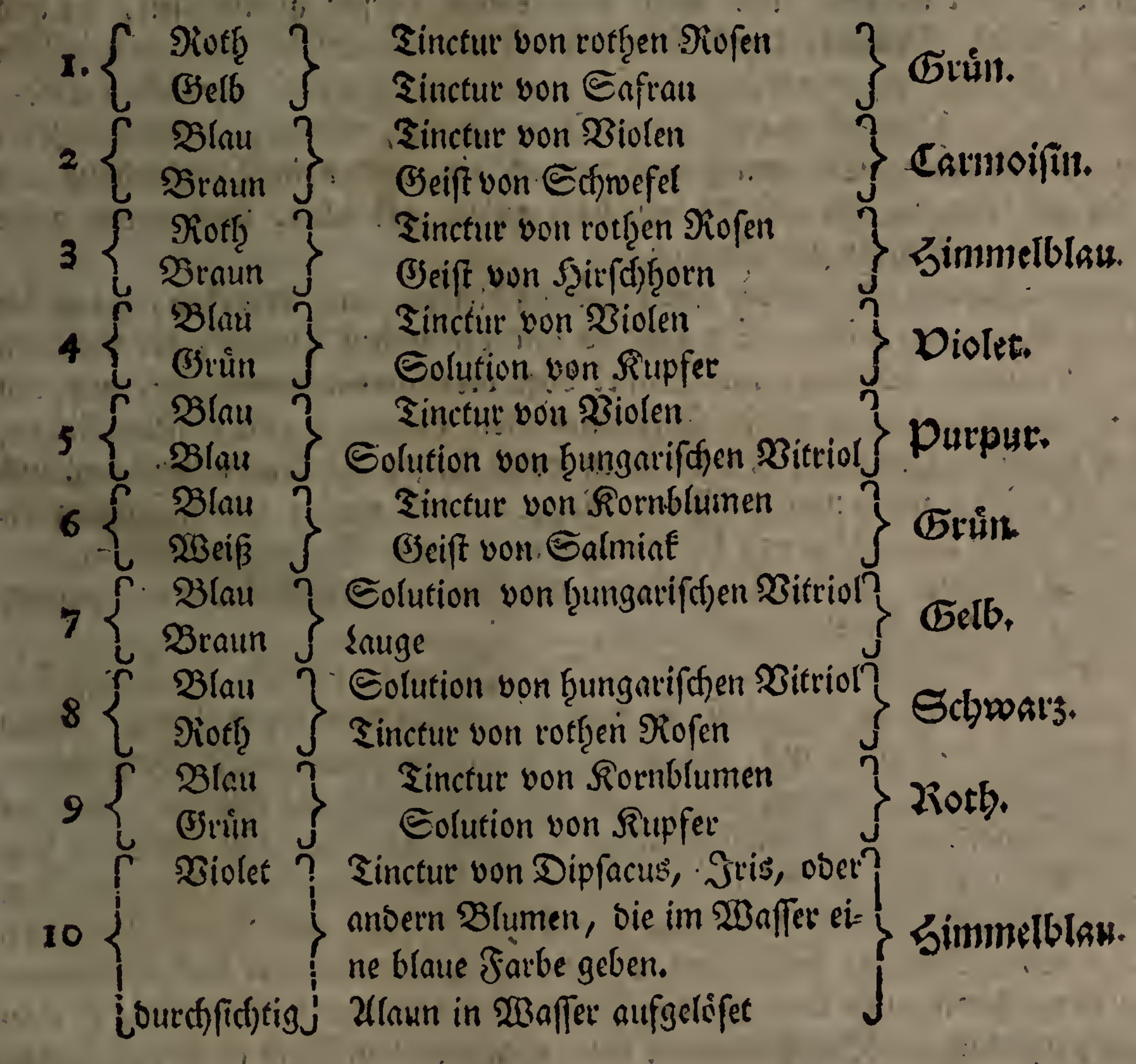
5. Die Tinctur von rothen Rosen und Harngeiste giebt **himmelblau.**

6. Eine Auflösung von Kupfer und Salmiakgeist giebt **Purpur.**

7. Eine Auflösung von Sublimat und Salmiakgeist giebt **Weiß.**

8. Eine Auflösung von Bleyzucker und eine Auflösung von Vitriol, oder eine Tinctur von rothen Rosen oder andern Blumen, und eine Auflösung von Eisenvitriol in Wasser; oder eine Auflösung von Galläpfeln und Eisenvitriol giebt **Schwarz.**

2. Farben, die aus gefärbten Flüßigkeiten entstehen.



Nr.	Farben	Flüßigkeiten	Giebt
1.	Roth	Tinctur von rothen Rosen	Grün.
	Gelb	Tinctur von Safran	
2	Blau	Tinctur von Violen	Carmoisin.
	Braun	Geist von Schwefel	
3	Roth	Tinctur von rothen Rosen	Himmelblau.
	Braun	Geist von Hirschhorn	
4	Blau	Tinctur von Violen	Violet.
	Grün	Solution von Kupfer	
5	Blau	Tinctur von Violen	Purpur.
	Blau	Solution von hungarischen Vitriol	
6	Blau	Tinctur von Kornblumen	Grün.
	Weiß	Geist von Salmiak	
7	Blau	Solution von hungarischen Vitriol	Gelb.
	Braun	Lauge	
8	Blau	Solution von hungarischen Vitriol	Schwarz.
	Roth	Tinctur von rothen Rosen	
9	Blau	Tinctur von Kornblumen	Roth.
	Grün	Solution von Kupfer	
10	Violet	Tinctur von Dipsacus, Iris, oder andern Blumen, die im Wasser eine blaue Farbe geben.	Himmelblau.
	durchsichtig	Alaun in Wasser aufgelöset	

3. Veränderte und wiederhergestellte Farben.

1. Die grüne Solution von Kupfer wird farbenlos, wenn man Salpetergeist zugießt, und vom Weinsteinsalze wieder grün.

2. Die Tinctur von rothen Rosen wird von der Vitriolsolution schwarz; vom Weinsteinsalze wieder roth.

3. Die Tinctur von rothen Rosen wird von Vitriolgeist schön roth; gießt man darauf Salmiakgeist dazu, wird sie grün, und durch Vitriolöl wieder roth.

4. Die Solution von Grünspan ist grün, wird farbenlos durch Vitriolgeist, purpurfärbig durch Salmiakgeist, wieder durchsichtig durch Vitriolöl.

Alle diese Farben sind desto dichter und lebhafter, je mehr oder je besser das zugesetzte Salz ist, wodurch man allerhand Arten rother, grüner und blauer Farben erhält, wiewohl die Schattirung auch darauf ankömmt, wie stark oder schwach die Solution ist. So viel er herausgebracht habe, saget Mußchenbroek, möchte es fast allgemein seyn, daß gelbe Vegetabilien in Weingeist aufgelöset gelbe Tincturen geben, die von sauern, alkalischen oder andern hinzugesetzten Salzen wenig oder gar nicht verändert werden; nur müsse man einige Körper ausnehmen, da aus der gelben Farbe, **Orlean**, durch Hinzusetzung des Vitriolöls, eine vortreffliche blaue Farbe entsteht, die durch Wasser oder ein jedes Salz wieder vertrieben wird.

Versuche mit säuerlichem oder vitriolischem Wasser, und adstringirenden Körpern lehreten folgendes; Ein wenig von dem adstringirenden in Vergleichung mit dem Eisen gab schwarz; etwas mehr von dem erstern gab blau; noch etwas mehr gab violet; und noch mehr gab Purpur.

Wirkung der Luft auf Wasser.

Es giebt Farben, die an der Luft beständig bleiben, und vergehen, wenn die äußere Luft abgehalten wird. So geht es mit der rothen Tinctur, die von dem Lichen Canariensis, (Orseille) mit Wasser oder verdünntem Weingeiste, und mit Kalk und Harnsalze bereitet wird. Gießt man diese Tinctur in eine gläserne Röhre, die darauf zugeschmolzen wird, so wird sie in wenig Tagen alle Farbe verlieren, und bekömmt sie wieder, wenn nach geöffneter Röhre die Luft wieder freyen Zugang erhält. Der Abbé **Nollet** hat mit dieser Tinctur allerhand Versuche angestellet.

Hierauf kommen auch die Versuche mit den **sympatherischen Dinten** hinaus, wozu **Hellot** folgende Recepte gegeben hat.

Sympathetische Dinten.

Man löse Silberglätte in distillirtem Weineßig auf, schreibe die Buchstaben damit, und trockne sie im Schatten, so wird man nichts von ihnen sehen. Man löse Operment in Kalkwasser auf, tauche einen Pinsel da hinein, und überfahre damit die Buchstaben, so werden sie erst gelb und darauf schwarz werden. Wäscht man sie mit Scheidewasser, so verschwinden sie wieder. — Man löse Gold in Königswasser auf, verdünne die Solution mit fünfmal so viel Wasser; löse auch Zinn in Königswasser auf, und thue fünfmal so viel Wasser zu. Die Buchstaben, welche mit der ersten Solution geschrieben, und im Schatten getrocknet sind, bleiben unsichtbar; überfährt man sie mittelst eines Pinsels mit der letztern Solution, so werden sie purpurfärbig. — Buchstaben mit einer Solution von Gold in Königswasser, die

die mit Wasser verdünnet ist, geschrieben, werden, wenn man sie an der Luft trocknen läßt, zuerst gelb, darauf purpurfärbig — Eine Solution von Zinkerz, Bismuth oder Kobold in Scheidewasser werde mit Wasser verdünnet, darauf mit Seesalze gemischet und abgeklaret, so sind die damit geschriebenen Buchstaben unsichtbar, so lange sie kalt sind, und blau, wenn sie erwärmet werden [k]).

Eine Menge von Erfahrungen über die aus allerhand Mischungen entstehenden Farben legete Dr. Goddard der Königl. Gesellschaft am 16. Jan. 1661. vor, wovon Birchs Geschichte der Gesellsch. B. 1. S. 11. nachzusehen.

Analogie der Töne und der Farben.

Ich will diesen letzten Abschnitt meines Werkes mit einigen Gedanken des Dr. Hartley von den Farben beschließen, welche die Aufmerksamkeit der Naturforscher verdienen mögen, auch ohne Rücksicht auf den besondern Gebrauch, den er davon machet: nämlich eine gewisse Hypothese zu erweisen, daß die äußersten rothen Strahlen auf der Netzhaut Schwingungen erregen, die sich zu den von den äußersten violetnen erregten Schwingungen, in Betracht der Menge, verhalten, wie 1 zu 2; und daß der Ueberfluß der Schwingungen, welche jede andere Art von Strahlen, von den rothen bis zu den violetnen gerechnet, mehr als die äußersten rothen erreget, sich wie die Entfernung ihrer Farbe von dem Roth verhält.

Nimmt man dieses, saget er, an, so werden die Schwingungen, welche von dem äußersten roth, der Gränze von roth und Orange, von Orange und gelb, von gelb und grün, von grün und blau, von blau und indigo, von indigo und violet, und von dem äußersten violet erreget werden, der Newtonianischen Bestimmung dieser Farben zufolge, sich der Anzahl nach verhalten, wie die acht Zahlen, 100, $112\frac{1}{2}$, 120, $133\frac{1}{3}$, 150, $166\frac{2}{3}$, $177\frac{7}{9}$ und 200, so daß die Entfernungen dieser Gränzen und des äußersten violet von dem äußersten roth durch die sieben Zahlen, $12\frac{1}{2}$, 20, $33\frac{1}{3}$, 50, $66\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$ und 100 ausgedrücket werden.

Die erste Voraussetzung läßt sich folgendergestalt wahrscheinlich machen. Die Zwischenräume der Anwandlungen des leichtern Durch- oder Zurückgehens der rothen und violetnen Strahlen, in einerley Mittel und bey einerley Brechungswinkel verhalten sich fast wie 5 zu 3. (Newt. Opt. L. 2. Obs. 13. 14. und Prop. 16.) Die rothen Strahlen aber werden durch die Häute und Feuchtigkeiten des Auges weniger gebrochen, als die violetnen, und die Zwischenräume ihrer Anwandlungen werden also verhältnißweise weniger vermindert: so daß sie also wohl zu den Zwischenräumen für die violetnen wie 6 zu 3 oder 2 zu 1 sich verhalten mögen, wenn sie auf der Netzhaut anlangen. Es ist aber wahrscheinlich, daß die Schwingungen der Strahlen, und folglich auch die von ihnen auf der Netzhaut erregten, sich umgekehret wie die Zwischenräume ihrer Anwandlungen verhalten mögen. Folglich mag sich wohl die Menge der von den äußersten rothen Strahlen erregten Schwingungen zu der Menge der von den äußersten violtnen erregten, wie 1 zu 2 verhalten [l]).

k) Introd. vol. 2. p. 740 seqq.

l) Es wird wohl nicht nöthig seyn, daß ich wider diese Kartenhausmäßige Demonstration etwas erinnere. K.

Unter andern Folgerungen, die er aus dieser Hypothese zieht, bemerket er auch dieses. Die grünen[d]) verhalten sich auf der einen Seite zu den gelben wie 9 zu 8, und auf der andern zu den blauen wie 9 zu 10; das ist nach der Maaße eines ganzen Tones; ferner zu den rothen wie 4 zu 3, zu den violetnen wie 3 zu 4, das ist nach der Maaße der Quarte; weiter verhalten sich die gelben zu den rothen wie 6 zu 5, das ist wie die kleine Terz; zu den blauen, wie 4 zu 5, d. i., wie die große Terz; zu den violetnen wie 2 zu 3, d. i., wie die Quinte: desgleichen die blauen zu dem violetnen wie 5 zu 6, d. i., wie die kleine Terz; und zu den rothen wie 3 zu 2, d. i., wie die Quinte: endlich die rothen zu den violetnen wie 9 zu 16, d. i., wie die kleine Septime. Also mag wohl der Unterschied der hier ausgedrückten Schwingungen den Grund enthalten, daß die Seele die hier angeführten fünf Farben deutlich von einander unterscheidet, aus eben den Ursachen, die, welche sie auch seyn mögen, bey den Tönen statt finden. Denn die natürlichen Körper werfen alle diese Farben in großer Menge und in hinlänglicher Reinigkeit, soviel hier nöthig ist, zurücke. Wir fangen vermuthlich vom Grünen, als der gemeinsten Farbe an. Wenn diese Farbe, so wie sie z. E. das Gras hat, dem Auge eines Kindes vollkommen genug bekannt geworden ist, so mag es alsdenn wohl anfangen gelb und blau davon zu unterscheiden, noch mehr aber roth und violet, so wie diese Farben an Blumen sich zeigen, und wird auch diese selbst von einander kennen. Das grüne scheint ihm wegen der Häufigkeit und Reinigkeit des grünen von der dritten Ordnung, d. i. des Grases und der Pflanzen überhaupt, einen Ruhepunct in der Mitte der Farben abzugeben. Eben daher wird man auch die verschiedenen Schattirungen von roth, orange, grün, blau und violet, als verschiedene Grade derselben Farbe ansehen können, weil nämlich ihre Schwingungen wenig von einander verschieden sind. Endlich stimmet dieses auch mit unserem gewöhnlichen Verfahren in andern Dingen überein. Große Unterschiede in unsern Empfindungen drücken wir durch verschiedene Benennungen aus; nahverwandte durch einerley Benennungen. So geben uns die beyden angeführten Voraussetzungen einen natürlichen Grund an, warum wir fünf Hauptfarben, roth, gelb, grün, blau und violet unterscheiden; wie denn auch Newton anfangs in dem prismatischen Sonnenbilde nicht mehr als diese von einander unterschieden hat, wie man aus seinen optischen Vorlesungen sehen kann.

Es ist merkwürdig, fährt er fort, daß die Ordnung der fünf ganzen und der beyden halben Töne einer Octave, die der Fortschreitung der sieben Hauptfarben entspricht, die zweyte in Absicht auf absolute Vollkommenheit ist, wie es Newton in einem noch ungedruckten Aufsatze über die Musik angemerket hat; hingegen die erste in Absicht auf relative Vollkommenheit, das ist, unter denjenigen Ordnungen, wo die halben Töne in gleichen Entfernungen von der Mitte oder den Enden sind, ein Umstand, der bey den Farben offenbar nothwendig ist. Denn wenn deutlich unter-

d) Das ist, die Menge der Schwingungen der grünen, u. s. f. Die beyden zuerst folgenden Verhältnisse werden diese, 10 zu 9, und 8 zu 9 seyn sollen. K.

unterschiedene Farben aus Verhältnissen entstehen, und eine um einen halben Ton verschiedene Farbe nach dem Roth entsteht, wofern man auf dieser Seite anfängt, so muß eine dieser entsprechende Farbe nach dem Violet entstehen, wenn man auf der andern Seite anfängt. Die Uebereinkunft der Verhältnisse, die hier entstehen muß, machet dieses nothwendig, vorausgesetzet, daß der Unterschied der Farben auf Verhältnissen beruhet.

Ferner wenn der Unterschied der Farben auf Verhältnissen der Schwingungen beruhet, so kann man erwarten, daß die Farben breiter seyn werden, wo die Schwingungen häufiger sind, weil man zu einer größern Zahl mehr hinzuthun muß, um ein gleiches Verhältniß herauszubringen. Und jede Farbe hat ihre gewisse Breite, die sich zu einer beliebig angenommenen Fortschreitung der Verhältnisse ihrer Schwingungen gegen einander schicken muß. Da nun die Breite der sieben Hauptfarben, so wiel sie Newton bestimmet hat, sich zu den möglichst einfachen Verhältnissen, nach dem möglichst einfachen Gesetze der Vermehrung der Schwingungen pässet, so können wir daher einen Beweisgrund sowohl für die Lehre von den Schwingungen überhaupt, als für die besondern hier angezeigten Verhältnisse der Schwingungen hernehmen. Zwey Dinge, füget er hinzu, verdienen hierbey besonders in Betracht gezogen zu werden, erstlich, daß Newtons prismatisches Sonnenbild ohngefähr 10 Zoll lang war, daher also die Breiten der sieben Hauptfarben von roth bis zu violet, in Zollen 1, 25; 0, 75; 1, 33; 1, 66; 1, 66; 1, 11; 2, 22; betrugen; daß also, bey dieser beträchtlichen Größe, ein kleiner Irrthum in Bestimmung der Gränzen der Farben ihrer gegenseitigen Verhältnisse wenig ändert. Zweytens, die Gränzen der Farben wurden ohne Rücksicht auf irgend eine Hypothese bestimmet, und die Messung mehrmals wiederhohlet. Inzwischen wäre es, saget er, die Mühe wohl werth, die Breiten der sieben Hauptfarben aufs neue zu messen, und sie mit der hier vorgetragenen Hypothese zu vergleichen [e]).

* * *

Bemerkungen vom Kerzenlichte.

Folgende Bemerkungen, das Licht brennender Kerzen betreffend, füge ich noch hinzu: eine davon muß jeder gemachet haben, die andere habe ich von Dr. Franklin. Der untere Theil einer Lichtflamme ist immer blau; und wenn die Flamme lang genug geworden ist, so daß sie eben zu dampfen anfangen will, so ist die Spitze allemal roth. Bestätiget dieses nicht die Muthmaaßung, daß rothes Licht aus größern Theilchen besteht als blaues? Denn dem rothen Theil der Flamme sind die Theilchen des groben Dampfes, der nicht durchgeglühet ist, am nächsten.

Dr. Franklin zeigete mir, daß zwey Lichtflammen, die an einander gehalten werden, stärker erleuchten, als wenn sie von einander entfernet werden, wie es sich gleich zeiget, wenn jemand vor seinem Gesichte zwey Lichter erst von einander, denn dichte zusammenhält. Sobald sie an einander gebracht werden, wird man sein Gesicht viel stärker, als vorher erleuchtet finden. Vielleicht bringt die Vereinigung

 beyder

e) Hartley's observat. on Man, vol. I. p. 193. 196.

beyder Lichtflammen einen größern Grad von Hitze, und daher eine stärkere Verdünnerung des Dampfes, und dadurch einen reichlichern Ausfluß der Lichttheilchen hervor.

Zusatz des Uebersetzers.

Es wäre schon aus andern Ursachen der Mühe werth, Newtons Abmessungen der Farbenbreiten mit Prismen von verschiedenen Glasarten zu wiederholen. Indessen ist bey der Newtonischen Abtheilung, wie Hr. **Lambert** bemerket*), viel willkührliches. Die Farben verlieren sich allmählig in einander, und wer Lust hätte, die 12 halben Töne der Octave in den Farben zu finden, würde die einer jeden beliebigen Temperatur zugehörende Eintheilung der Streifen herausbringen können. Inzwischen setzete er hinzu, bleibt immer soviel richtig, daß in dem prismatischen Bilde die farbichten Streifen vom rothen gegen das violet in der That dergestalt in der Breite anwachsen, daß man nicht sowohl die Summe ihrer Breiten, als die Summe ihrer Verhältnisse zum Maaße derselben nehmen muß, so wie es in der Musik mit den Tönen geschieht. Diesem füge ich das Urtheil des **de Mairan** bey, womit er seine Vergleichung der Töne und der Farben **) beschließt. „Die Aehnlichkeit des Lichtes und des Schalles, und ihrer Modificationen kömmt „am Ende bloß auf gewisse äußerliche physikalische oder mathematische Verhältnisse „hinaus, die eine höchst entfernte Beziehung auf ihre in die Sinne fallende Eigen-„schaften haben. In der That haben auch die Malerey und die Musik von jeher „ganz verschiedene Mittel angewandt uns zu vergnügen: jene die gegenseitigen Ru-„hestellen und die unveränderte Lage ihrer Farben, diese die beständige langsamer „oder geschwinder fortschreitende Folge ihrer Töne und Accorde.

Dies mag mich entschuldigen, daß ich von dem Farbenclavier nichts beybringe, das der P. Castel erfinden wollen, und das zu seiner Zeit viel Aufsehens machete, weil der Urheber es mit vielem Witze und Feuer der Einbildungskraft, das bey ihm sehr stark war, aufstellete. **Krüger** hat auch einige Ideen von einem Farbenclavier in dem Hamb. Magazin 1 B. 4 St. 1 A. 8 § gegeben, vielleicht mehr im Spaße als im Ernste.

Ich würde aber nicht zu entschuldigen seyn, wenn ich hier nicht von einer wichtigen Erfindung redete, wozu diesesmal Ausländer die ersten Ideen angegeben, und die von Deutschen allein fast zur Vollkommenheit gebracht ist. Sie ist, wie man den so vielfach verschiedenen Farben Benennungen geben, und das Verhältniß ihrer Mischung aus drey Hauptfarben, roth, gelb und blau bestimmen möge. Die erste Idee einer wissenschaftlichen Mischung der Farben aus gewissen einfachen hatte **Lionardo da Vinci**, der dabey schon Blicke in die Lehre von den Combinationen that, ehe sie vollständig erfunden ward ***). Castel erkannte nur drey Grundfarben, das

*) Lamberts Farbenpyramide, §. 19. **) Mem. de l'Ac. de Par. 1737. p. 61.
***) Eb. das. § 16.

das Feuerroth Schüttgelb und Himmelblau, und eignete sich die Erfindung dieses Gedankens zu *). **Le Blond** leitete gleichfalls in einer Schrift über das Abdrucken der Kupferplatten mit Farben alle Farbenmischungen aus drey Farben her **). Endlich lieferte der berühmte Göttingische Astronom **Mayer** ein wahres Farbensystem, welches er der Königl. Gesellschaft der Wissensch. im J. 1750. vorlegete, wovon aber damals weiter nichts, als eine kurze Nachricht in den Götting. gel. Anzeigen bekannt wurde. Diese erweckte indessen viel Aufmerksamkeit, und veranlassete verschiedene Schriften, worinn der Sache weiter nachgeforschet ward. Erstlich Dr. **Schäfers** Entwurf einer allgemeinen Farbenverein, oder Versuch und Muster einer gemeinnützigen Bestimmung und Benennung der Farben 1769; ferner, Versuch eines Farbensystems entworfen von **Ignaz Schiffermüller** aus der G. J. in K. K. Theres. Collegio 1772; ***) endlich die sehr wichtige Schrift des Herrn **Lambert**, Beschreibung einer mit dem Calauschen Wachse ausgemalten Farbenpyramide, wo die Mischung jeder Farben aus weiß und drey Grundfarben angeordnet wird. Berlin 1772, 126 Qu. S. mit einen ausgemalten Kupfer. Darauf kam Mayers Abhandlung selbst heraus, in dem ersten Bande der prächtig gedruckten Sammlung seiner Werke, 1775, wo sie das vierte Stück, de affinitate colorum ist. Er bringt aus roth, gelb und blau 91 Farben, jene mit gerechnet, heraus, indem er jeder der Hauptfarben 12 Theile giebt, und von je zweyen oder allen dreyen eine Mischung aus zwölf solchen Theilen machet. Diese vertheilet er über einem in 91 Fächer eingetheilten Dreyecke. Er saget aber nicht, wie er die Theile verstehe. Dazu kommen noch zweymal 364 Farben, nach dem Abstande der Farben von Weiß oder Schwarz. Die Idee eines Farbendreyeckes hatte Mayer schon in dem von ihm in jüngern Jahren herausgegebenen **mathematischen Atlas** vorgetragen, wo er aber fünf Hauptfarben, nämlich noch weiß und schwarz, annimmt, und die Mischungen nur zu gleichen Theilen machet. Eine solche Idee findet man auch schon in **Zahns** oculo artificiali teledioptrico, p. 113.

Dieser Mayerischen Abhandlung hat der Herausgeber, Hr. Prof. **Lichtenberg**, sehr brauchbare Anmerkungen beygefüget. Er führet darinnen an, daß Mayer, wie aus einem von ihm selbst ausgemalten Farbendreyecke erhelle, zu den Hauptfarben, Bergzinnober, Königsgelb und helles Bergblau genommen habe.

Hr. L. theilet uns auch seine Methoden mit, solche Farbendreyecke zu verfertigen. Er brauchte theils die Mayerischen Grundfarben, nachdem er ihre Stärke in den Mischungen durchs Abwägen erforschet hatte, trocken; theils machete er Bergzinnober, Gummigutte und Berlinerblau dünne mit Wasser an, und überfuhr damit die Felder seines Dreyecks, so oft als es die Menge der Theile der Farbe in jedem Fache erfoderte. Auf solche Art ist das Dreyeck ausgemalt, welches dem Werke beygefüget ist.

Hr. Prof. **Erxleben** erinnert in seiner physik. Bibl. 1 B. 4 St., wo er von dem Mayerischen Werke redet, daß man die Pigmente nicht nach dem Gewichte, sondern

*) Lamberts Farbenpyramide § 26.

**) Eb. das. § 28.

***) Eb. das. § 27.

sondern nach dem Volumen mit einander vermischen müsse. Er nahm zu den Grundfarben, Carmin, Berlinerblau und Königsgelb, verglich ihre eigenthümlichen Schweren, die er folgweise ein wenig kleiner als Eins, Eins und Zwey fand, und urtheilete aus ein paar Proben, daß die Intensität dieser Pigmente gleich wäre, da sie nach ihrem Volumen mit einander gemischet, ein Rothgelb, ein Grün, und ein Violet gaben, das sich weder auf die eine noch die andere Seite neigete. Nun nahm er bey der Mischung zu einem Theile Gelb immer doppelt soviel Königsgelb am Gewichte, als von dem Berlinerblau am Gewichte zu einem Theile blau, und zum roth ein klein weniges weniger von Carmin, als vom Berlinerblau zu eben soviel Blau hätte genommen werden müssen.

Hr. **Lambert** hat in der von ihm vorher angeführeten Schrift diese Sache von allen Seiten zu einem hohen Grade von Vollkommenheit gebracht. Ich führe daraus nur das unmittelbar hieher gehörige an; zuerst sein Verfahren, die Stärke der Farben zu bestimmen, worauf hier alles ankömmt. Er fand durch Versuche, daß $\frac{1}{2}$ Gran hochrothen Carmins in der Mischung so weit reichte, als 10 halbe Gran Gummigutte, d. i. daß beyde eine Farbe gaben, die vom rothen und gelb gleich abstand; desgleichen, daß um ein weder ins Gelbe noch ins Blaue ziehendes Grün hervorzubringen, 2 Gran helleres Berlinerblau und 7 schwache Gran Gummigutte erfodert wurden; endlich daß 1 Gran Carmin und 3 starke Gran Berlinerblau dem eigentlichen Mittel zwischen Roth und Blau Genüge thaten. Hieraus leitet er folgende **Grade der Schwäche** dieser Farben her,

des hochrothen Carmins - - - 1
des hellern Berlinerblau - - - 3
der Gummigutte - - - - 10

Das heißt, wenn man die Mischung einer hieraus zusammengesetzten Farbe nach Theilen des Roth, Blau, und Gelb angeben will, so muß man 10 Gewichttheile der Gummigutte, 3 Gewichttheile des Berlinerblau, und 1 Gewichttheil des Carmins als einen Theil oder eine Portion der Farben ansehen. Die Stärke (d. i. die Dichtigkeit der Farbentheilchen an der Oberfläche) verhält sich verkehrt wie diese Zahlen. Hierauf verfuhr Hr. Lambert eben so mit dunklerm Carmin, dunklerm Berlinerblau und Gummigutte, und fand nun die Grade der Schwäche

des dunklern Carmins - - - 2
des dunklern Berlinerblau - - 3
der Gummigutte - - - - 12

Die verschiedenen Farben vertheilet Hr. Lambert in eine Pyramide, oder dreyeckichtes Kästchen mit Fächern. In dem untersten Fache sind 45 Quadrate, jede mit einer besondern Farbe, nämlich auf den Ecken, roth, gelb, blau, und die dazwischen fallenden Farben nach ihren Schattirungen neben einander. Jede Farbe hat acht Theile oder Portionen aus den drey Hauptfarben. In dem nächsten darüber liegenden Dreyecke sind 28 Quadrate, deren Farben wieder die drey Hauptfarben, aber heller, mit 25 Mittelfarben sind. Diese haben nur 6 Theile von den Hauptfarben des untern Faches und dagegen jede 2 Theile weiß beygemischet. In

dem

dem dritten sind 15 Farben, die drey noch heller gemachte Hauptfarben und 12 Mittelfarben, jede zu 4 Theilen der Hauptfarben des untersten Faches mit 4 Theilen Weiß; und so geht es ferner fort, nur mit langsamern Schritten der Zunahme der Blässe, bis zum obersten Fache, welches ein einziges weißes Quadrat enthält. Hr. Calau, Königl. Hofmaler, hat um diese Untersuchung große Verdienste, theils durch den Beystand, welchen er Hrn. Lambert dabey geleistet, theils durch die wirkliche Ausführung der Vertheilung der Farben, wozu er auf eine höchst vortheilhafte Art die von ihm erfundene eleodorische Malerey, oder die Kunst mit einer gewissen Art von Wachs, nach Art der Alten, zu malen, gebrauchet hat.

Summarische Vorstellung der Lehre vom Lichte *).

Je weiter wir in einer Wissenschaft gekommen sind, desto kürzer können wir ihre Grundlehren fassen, woferne anders die Facta, woraus sie gezogen werden, in zahlreicher Menge da sind. Denn bey einem großen Maaße von Einsicht sind wir im Stande, mehrere besondere Wahrnehmungen auf wenige allgemeine zurück zu führen; dagegen in der Kindheit einer Wissenschaft jede Wahrnehmung ein unabhängiges Factum ist, die bey dem Vortrage ihrer Grundsätze alle einzeln angeführet werden müssen; so daß man zwar wohl eine Auswahl treffen, aber einen eigentlichen Auszug unmöglich liefern kann.

So ungemein auch die Optik in den letzten hundert Jahren erweitert ist, so wird doch ein wohl abgefaßter Abriß des Ganzen gegenwärtig viel kürzer seyn, als man ihn vor hundert Jahren hätte machen können, und ich hoffe nach hundert Jahren soll man ihn noch kürzer zu machen im Stande seyn, weil vermuthlich alsdenn die Verbindung mancher Ereignisse wird ausgefunden seyn, die itzt noch einzeln und von einander unabhängig uns vorkommen, und folglich jede für sich angeführet werden müssen.

Um so kurz als möglich bey dem Vortrage der Grundlehren der Optik zu seyn, will ich mit Fleiß gar keiner Anwendung, die man von ihnen auf die Naturbegebenheiten machen kann, erwähnen, obgleich dieses der Hauptzweck aller physikalischer Untersuchungen ist. Denn meine Absicht ist hier bloß anzugeben, wie weit wir in der Kenntniß der **Naturgesetze**, durch aufmerksame Beobachtung der Erscheinungen, gekommen sind.

Die in dem Anfange der letzten Periode dieser Geschichte vorgetragenen Bemerkungen werden uns berechtigen, es als ausgemachet anzusehen: daß das Licht aus sehr kleinen materiellen, von dem leuchtenden Körper ausfahrenden Theilchen bestehe. Einige dieser Theilchen werden, indem sie auf andere Körper fallen, von ihnen zurückgeworfen, unter einem Winkel, der so groß ist als der Einfallswinkel; andere werden, nach der in dem Einfallspuncte auf die Oberfläche des neuen Mittels senkrechten Linie hin oder davon abwärts gebogen, wenn sie schief auffallen. Ueberhaupt

*) Ich nehme an den hier vorgetragenen Hypothesen keinen Theil. Hypothesen sind nur Bemäntelungen unserer Unwissenheit. K.

haupt werden die auf ein jedes Mittel schief auffallende Strahlen so gebogen, als wenn sie von dem Mittel angezogen würden, wenn dieses dichter ist, oder mehr brennbaren Grundstoff enthält, als dasjenige, aus welchem die Strahlen kamen. Es gehen mehr Strahlen zurück als durch, wenn die Strahlen keine Winkel mit der brechenden Fläche machen, hingegen mehr durch als zurücke, wenn ihre Neigungswinkel einem Rechten näher kommen.

Die Geschwindigkeit, mit der das Licht ausfährt und zurückgeht, ist gleich groß; so groß, daß es den Weg von der Sonne zur Erde in acht Minuten zwölf Secunden etwa zurücke leget. Man nimmt an, die Geschwindigkeit des Lichtes werde durch die Brechung vermehret oder vermindert, in dem Verhältnisse, daß der Brechungswinkel kleiner oder größer als der Einfallswinkel ist [a]).

Die Lichtstrahlen, welche von Körpern ausfahren oder zurückprellen, werden von den Feuchtigkeiten des Auges so gebrochen, daß sie entweder vollkommen oder, doch beynahe in einem Puncte auf der Netzhaut, oder der schwarzen Aderhaut, sich vereinigen, und daselbst Bilder der Gegenstände entwerfen, dadurch diese uns sichtbar werden.

Wird ein Lichtstrahl durch die Brechung von seinem Wege abgelenket, so wird er nicht durchgehends gleich viel gebrochen, sondern in einigen Theilen mehr, in andern weniger; und die Farbe, welche die verschiedentlich gebrochenen Lichtstrahlen uns empfinden machen, ist unveränderlich mit dem Grade der Brechbarkeit verbunden. Die, welche die Empfindung der rothen Farbe erregen, sind am wenigsten brechbar; die, welche violet geben, am meisten; und die übrigen kommen in der Brechbarkeit entweder diesen oder jenen näher, nachdem die von ihnen hervorgebrachten Farben in der folgenden Ordnung, roth, orange, gelb, grün, himmelblau, indigo, violet, jener oder dieser der beyden äußersten näher stehen.

Diese Farben gränzen, wenn sie aufs möglichste von einander gesondert werden, doch an einander, und alle Schattirungen jeder Farbe gehören gleichfalls zu Strahlen von einer eigenen und unveränderlichen Brechbarkeit. Wenn sie durch die Brechung von einander gesondert werden, verbreiten sie sich über den Zwischenraum der beyden äußersten Farben so, daß sie ihn genau so eintheilen, wie eine Saite eingetheilet wird, um die verschiedenen ganzen und halben Töne einer Octave anzugeben. Die Mischung aller dieser verschiedentlich gefärbten Strahlen, nach dem Verhältnisse der Räume, die sie solchergestalt einnehmen, giebt die weiße Farbe, und die Abwesenheit alles Lichtes ist Schwärze.

Wie viel die zu verschiedenen Farben gehörige Strahlen von einander gesondert werden, das hängt nicht von der mittlern Brechungskraft des brechenden Mittels ab, sondern kömmt auf die besondere Beschaffenheit dieses Mittels an. Die Zerstreuungskraft des Glases, dem viel Bley zugesetzet ist, ist in Vergleichung der mittlern brechenden Kraft groß, und klein dagegen in dem Glase, das viel alkalisches Salz enthält.

Nicht bloß die ungleichartigen Lichtstrahlen haben in Absicht auf die Körper solche verschiedene Eigenschaften, daß sie von ihnen mehr oder weniger gebrochen oder zerstreuet werden; sondern die verschiedenen Seiten desselben Strahles haben verschiedene

a) Soll heißen: der Sinus des Brechungswinkels. K.

schiedene Eigenschaften; denn er leidet verschiedene Veränderungen, nachdem er mit dieser oder jener Seite gegen den Isländischen Krystall gewandt ist.

Die Zurückwerfung oder Brechung entsteht nicht von einem Anstoßen der Lichtstrahlen auf die dichten Theilchen der Körper, sondern wird von einer Kraft bewirket, die sich auf eine kleine Weite vom Körper erstrecket. Sie werden mittelst einer anziehenden Kraft gebrochen, mittelst einer zurückstoßenden Kraft zurückgeworfen.

An der ersten Oberfläche eines jeden Körpers werden Strahlen von jeder Gattung ohne Unterschied zurückgeworfen oder durchgelassen; ist aber die folgende Oberfläche sehr nahe an der ersten, so daß ihre anziehende und zurückstoßende Kräfte die einen in der andern ihre Wirkungsräume kommen, so hat dieses den Erfolg auf die Strahlen, daß an gewissen Stellen bloß die von einer gewissen Farbe zurück geworfen, und die von einer andern hauptsächlich durchgelassen werden; und dergleichen Stellen kommen für Strahlen jeder Gattung mehrmals abwechselnd vor, so daß verschiedene Reihen oder Ordnungen von Farben auf der Oberfläche eines und desselben dünnen durchsichtigen Körpers zu sehen sind.

Wenn Lichtstrahlen so nahe an einem Körper vorbeyfahren, daß sie in den Wirkungskreis seiner Anziehung oder Zurückstoßung kommen, so entsteht eine **Beugung** der Strahlen, mittelst derer sie alle entweder nach dem Körper hin oder von ihm abgelenket werden. Und da diese Beugungskraft in derselben Entfernung auf einige Strahlen mehr als andere wirket, so werden sie auch dadurch von einander abgesondert, so daß deshalb sowohl innerhalb als außerhalb des Schattens farbichte Streifen entstehen. Die rothen Strahlen werden in der größesten Weite von allen Körpern gebogen. Es giebt unterschiedliche Weiten, in welchen die auf der Oberfläche der Körper befindlichen Kräfte auf die ungleichartigen Strahlen ungleich wirken, indem diese nahe an den Oberflächen vorbeyfahren, so daß daher verschiedene Ordnungen von Farben durch die Strahlen entstehen, die in verschiedenen Weiten vor den Körpern vorbeyfahren. Dieser Ordnungen hat man drey beobachtet.

Ein Theil von dem auf Körper fallenden Lichte wird in ihnen aufgehalten, und geht nicht weiter fort. Das ist insbesondere der Fall mit dem Lichte, welches unter einem gewissen Grade von Schiefe auf die Oberfläche der Körper fällt. Ein Theil von diesem Lichte wird von einigen Körpern so schwach zurück gehalten, daß ein sehr kleiner Grad von Hitze es wieder heraustreibt, und dieses desto geschwinder, je stärker die Hitze ist.

Körper werden nicht allein leuchtend, wenn sie so sehr erhitzet werden, daß ihr inneres Gewebe dadurch zerstöret wird, und ihre Annäherung uns die Empfindung eines heftigen Brennens erreget, sondern es leuchten auch Körper die nicht den geringsten Grad von Wärme besitzen. Dieses hat man an manchen in die Fäulung übergehenden Körpern, desgleichen am Phosphorus bemerket.

Anzeige einiger Mängel in der Lehre vom Sehen, Licht und Farben.

Wenn man etwa ein Jahrhundert zurück, auf den unvollkommenen Zustand der damaligen Kenntnisse vom Sehen, Licht und Farben sieht, so zeiget sich zwar offenbar, daß wir seit der Zeit ungemein viel weiter gekommen sind, und dennoch

kann ein Naturforscher in unserm Zeitalter mehr Desiderata angeben, mehr Schwierigkeiten aufwerfen, mehr neue Untersuchungspuncte vorschlagen, als es Alhazen oder Lord Bacon konnten. Die Ursache ist, daß so oft eine neue Eigenschaft an irgend einer Sache in der Natur entdecket wird, hieraus sogleich Verbindungen mit andern Eigenschaften und andern Dingen, von denen wir sonst gar keinen Begriff hatten, sich ergeben, die uns aber auf solche Art nur unvollkommen bekannt werden. Jeder Zweifel setzet wirklich einen gewissen Grad von Einsicht voraus; und da die Natur ein so weites, vielleicht unermeßliches Feld ist, so werden uns vermuthlich desto mehr Zweifel und Schwierigkeiten aufstoßen, je mehr unsere Einsichten zunehmen. Doch da jeder Anwachs unserer Kenntnisse ein wahrer und schätzbarer Gewinnst für das menschliche Geschlecht ist, weil wir dadurch die Kräfte der Natur zu mehrerer Beförderung unserer Glückseligkeit brauchen lernen: so haben wir Recht, uns über jede neue sich hervorthuende Schwierigkeit zu freuen, weil wir daraus abnehmen, daß noch mehrere Kenntnisse, noch mehrere Vortheile zu erreichen übrig sind, und uns dadurch zum verdoppelten Fleiße ihnen nachzuspüren reizen lassen müssen. Ein jedes Desideratum ist eine halbe Entdeckung.

Da ich eben einen Blick rückwärts auf die vornehmsten Entdeckungen, das Sehen, Licht und Farben betreffend gethan habe, so will ich mich bemühen, dem Leser nach besten Kräften behülflich zu seyn, in die noch unentdeckten Gegenden dieser Wissenschaft vorwärts zu schauen, und zu dem Ende die Hauptpuncte, von welchen wir noch am wenigsten was wissen, anführen, auch die Stücke anzeigen, welche an die schon gemachten Entdeckungen zunächst zu gränzen scheinen. Da wir alle Ursachen haben, jeden von Newton hingeworfenen Gedanken in Ehren zu halten, so werde ich mir angelegen seyn lassen, alle seine hieher gehörige Fragen anzuführen, und mit denjenigen anfangen, welche seine Muthmaßung von der Natur des Lichtes, und der Art, wie es von leuchtenden Körpern ausfährt, enthalten.

Lassen sich nicht, fraget er, grobe Körper und Licht eins in das andere verwandeln, und erhalten Körper nicht ihre wirkende Kraft [b]) von den Lichttheilchen, die zu ihrem Grundstoffe gehören? denn alle feste Körper leuchten, wenn sie erhitzet sind, und so lange, als sie heiß genug bleiben; auch verliert sich das Licht in den Körpern, wenn die Strahlen auf deren Theilchen stoßen. Wasser ist wohl so wenig zum Leuchten geschickt, als nur je ein Körper seyn mag, und dennoch kann es, vermöge der vom Boyle gemachten Versuche, in eine feste Erde verwandelt werden, und diese Erde, die eine hinlängliche Hitze vertragen kann, leuchtet so gut, wie andere Körper. Die Verwandlung der Körper und des Lichtes in einander ist dem Laufe der Natur gemäß, die an dergleichen Verwandlungen ein Vergnügen zu finden scheint [c]).

Dieser Gedanke hat seine große Wahrscheinlichkeit, wiewohl doch, nach Muschenbroeks Anmerkung, der Zweifel übrig bleibt, ob irdische Körper in Licht verwandelt zu werden fähig seyn, oder ob Licht eine eigenartige Substanz sey, die sich mit jenen innig verbindet, wie die Luft in einem unentwickelten Stande [d]).

Boscovich scheint die Materie des Lichtes als einen zu dem Wesen der natürlichen Körper gehörigen Grundstoff anzusehen, und erkläret das Feuer für eine Gährung

b) Vis actuosa. c) Newt. Optica, Qu. 22. d) Musschenbr. Intr. vol. 2, p. 689.

Gährung zwischen dem Lichte und den brennbaren Grundstoffe, wodurch jenes in kleinen Theilchen ausgestoßen wird, gleich dem von andern Gährungen aufsteigenden Ausdünstungen. Für diese Meynung führet er noch andere aus seiner Theorie der Anwandlungen des Zurück- oder Durchgehens hergenommene Gründe an [e].

Newton scheint in seiner 7ten Frage geneigt zu seyn, die stärkere gegenseitige Wirkung zwischen Licht und brennbaren Körpern (corpora sulphurosa) als die Ursache anzunehmen, warum diese Körper leichter Feuer fangen und heftiger brennen als andere. Neuere Entdeckungen machen es aber wahrscheinlicher, daß die Leichtigkeit, mit welcher die vom Newton sogenannte corpora sulphurosa Feuer fangen, von einem ihnen eigenthümlichen, von ihnen unterschiedenen und trennbaren Grundstoffe herrühret, mittelst derer sie der Einwirkung der Luft so fähig gemachet werden, daß sie, nach einem gewissen erlangten Grade von Hitze, durch den freyen Zugang der Luft nur heißer gemachet werden, so daß sie denselben Grad der Hitze sehr leicht auf andere Körper fortpflanzen.

Folgende Fragen Newtons über diese Materie lassen sich mit vieler Wahrscheinlichkeit bejahen.

Geben nicht alle feste Körper, wenn sie über einen gewissen Grad erhitzet sind, Licht von sich, und dieses zwar mittelst einer schwingenden Bewegung ihrer Theilchen? Thun dieses nicht alle Körper, welche viel irdische, besonders aber brennbare Theile haben, so oft diese ihre Theile entweder durch Hitze, Reiben, Stoßen, Fäulung, oder Lebensbewegung, oder sonst eine Ursache, hinlänglich erschüttert werden? [f]

Ist nicht das Feuer ein Körper, der so sehr erhitzet ist, daß er das Licht in grösserem Maaße aussendet? denn was ist ein glühend Eisen anders als Feuer, oder was ist eine glühende Kohle, als Holz, das bis zum Leuchten erhitzet ist? [g])

Ist nicht die Flamme ein bis zum Leuchten erhitzter Dampf, Rauch oder Ausdünstung? denn Körper gerathen nicht in Flamme, ohne einen starken Rauch von sich zu geben, und dieser Rauch brennt in der Flamme [h]).

Erhalten nicht große Körper ihre Wärme sehr lange, weil ihre Theile sich einander erhitzen? und könnten nicht große, dichte, feste Körper, wenn sie über einen gewissen Grad erhitzet sind, das Licht so häufig aussenden, daß sie durch diese Aussendung des Lichtes und dessen Zurückwirkung, wie auch durch die Zurückprellungen und Brechungen der Strahlen innerhalb ihrer Zwischenräumchen, noch immer heißer, und zuletzt so glühend wie die Sonne werden? Sind nicht die Sonne und die Fixsterne große, stark glühende Erden, deren Hitze durch die eben angeführte Ursache erhalten wird, und deren Theilchen, theils wegen ihres starken Zusammenhanges, noch mehr aber deswegen nicht wegdampfen können, weil eine schwere und dichte Atmosphäre sie zusammendrücket, und die aufsteigenden Dünste verdichtet? [i])

Worinne auch immer das Licht besteht, so machet doch die erstaunende Geschwindigkeit, mit welcher es von dem leuchtenden Körper ausfährt, es unbegreiflich, wie und durch welche Kraft dieses bewirket wird. Dieses ist eine von Musschenbroek aufgeworfene Frage [k]).

e) Theoria, p. 215, 217, 231. f) Newt. Opt. Qu. 8. g) Ibid. Qu. 9.
h) Ibid. Qu. 10. i) Ibid. Qu. 11. k) Introd. vol. 2, p. 690.

Was wird, fraget er noch, aus dem Lichte, das von der Sonne ausgefahren ist? Kehret es wieder zu ihr hin, oder geht es ins Unendliche fort? Das letztere scheint wahrscheinlicher zu seyn. In der That, wenn man sich den unermeßlichen Raum vorstellet, den das Licht einiger Fixsterne durchwandert, und das, wie man aus Bradleys Beobachtungen schließen kann, ohne merkliche Verminderung der Geschwindigkeit, so wird man wohl nicht geneigt seyn, es zurückgehen zu lassen.

Mußschenbroeck zweifelt, ob das Licht von allen Körpern mit einerley Geschwindigkeit ausfahre, wiewohl er, wegen Bradleys Beobachtungen zugiebt, daß die Sonne und die Fixsterne das Licht mit einerley Geschwindigkeit aussenden. Allein bey der Voraussetzung, daß die Brechung des Lichtes an der Oberfläche eines Mittels durch eine anziehende Kraft an dieser Fläche bewirket wird, so muß, weil Strahlen von derselben Farbe gleich viel gebrochen werden, sie mögen von welchem Körper es sey herkommen, ihre ursprüngliche Geschwindigkeit, mit der sie an der Oberfläche anlangten, dieselbe gewesen seyn.

Aus dem, was von der physischen Ursache der Zurückwerfung, Brechung und Beugung des Lichts geschrieben ist, erhellet zur Genüge, daß die Bewegung des Lichtes in diesen Fällen mit der Bewegung geworfener Körper nichts gemein hat. Die Naturkündiger stimmen nun fast alle darinn mit Newton überein, daß diese Wirkungen von gewissen **anziehenden und zurückstoßenden Kräften**, die sich über die Oberfläche der Körper hinaus erstrecken, hervorgebracht werden. Aber hiebey wollte Newton es noch nicht bewenden lassen (welches auch in der That nicht viel besser als ein Geständniß unserer Unwissenheit wäre) sondern trägt noch eine Muthmaßung von der physischen Ursache der anziehenden und zurückstoßenden Kraft vor; wiewohl seine Hypothese mit eben so vielen Schwierigkeiten verknüpfet zu seyn scheint als die, welche die Veränderungen der Bewegung des Lichtes aus mechanischen Gesetzen ohne Anziehung oder Zurückstoßung erkläret. Er nimmt ein aetherisches ungleich dichtes Mittel an, das in den von Luft und andern groben Körpern freyen Räumen dichter ist, als in den Zwischenräumen des Wassers, Glases, u. d. g. und bey dem Uebergange aus dieser Art Körpern in den leeren Raum allmälig dichter und dichter wird, weswegen das Licht nicht mit einem male, sondern allmählig nach einer krummen Linie gebogen wird.

Wie das Licht in den Körpern **verloren gehe**, ist eine schwere Frage. Erführe das Licht keine andern Veränderungen, als daß es zurückgeworfen und gebrochen würde, so würde kein Raum, der einmal erleuchtet war, wieder dunkel werden, und die Menge des Lichtes in dem Weltraume würde immer zunehmen. **Bouguer** nahm an, daß die Kraft, welche das Licht verschlucket oder auslöschet, bloß an der Oberfläche der Körper sich äußere; Newton, daß die Lichtstrahlen nur bey dem Anstoßen an die dichten Theilchen des Körpers gehemmet würden. Es mag nun aber die Ursache seyn welche sie wolle, die Frage ist, was wird aus dem verloren gegangenen Lichte? dasjenige, was von phosphorescirenden Körpern wieder herausgegeben wird, ist eine unbedeutende Kleinigkeit in Vergleichung mit der ungeheuren Menge, welches alle irdische Körper verschlucken. Vielleicht möchte man durch Versuche mit den Gerüchen und andern Ausflüssen einige Erläuterungen verschaffen.

Vieles

Vieles, wie man erkennen muß, ist von den Farben dünner Scheibchen entdecket worden; dennoch scheint eine völlige Erklärung dieser schweren Materie immer zu fehlen. Die an der Vorderfläche eines jeden Körpers befindliche Kraft scheint auf alle Strahlen gleich viel zu wirken, indem sie sie ohne Unterschied zurück wirft oder durchläßt: sind aber zwey Oberflächen so nahe bey einander, daß ihre Kräfte sich mit einander vermischen, so wirken sie nicht auf alle die Strahlen gleich stark. Die Wirkungen dieser Kräfte, in so ferne sie sich durch diese ihre Verbindung äußern, das ist, was noch zu erforschen übrig bleibt. Hiebey scheinen allerdings, so wohl wie bey der Zurückwerfung und Brechung, anziehende und zurückstoßende Kräfte, die bis auf eine gewisse Weite über die Oberfläche der Körper hinausreichen, im Spiele zu seyn; wie aber diese Kräfte sich gegen die verschiedenen Arten von Strahlen verhalten, das ist noch zu wenig bekannt, und ist doch dasjenige, das zur völligen Erläuterung der Sache erfodert wird. Des Abbe' **Mazeas** Versuche müßten mehr erwogen und mit **Newtons** seinen verglichen werden, von denen sie, je mehr ich sie betrachte, desto weniger abzugehen scheinen. Die Versuche des **Duc de Chaulnes** in der so dunkeln Sache mit den Farben dicker Scheibchen sind von ihm selbst gar nicht hinlänglich erkläret; und es scheint, sie lassen sich auf noch mancherley andere Arten und vortheilhafter anstellen.

Die Lehre von der **Beugung** des Lichtes scheint auch noch mehrerer Erläuterung zu bedürfen, wenn man gleich die Beschaffenheit dieser Erscheinung im Ganzen sehr wohl kennt. Der Ursprung der drey farbichten Streifen an der Gränze des Schattens der Körper auf jeder Seite ist nicht völlig ins reine gebracht. **Newton** glaubete, daß das Licht, indem es an dem Rande der Körper vorbeyfährt, sich wie ein Aal böge; eine unwahrscheinliche Hypothese, statt deren man wohl besser annehmen mag, daß es verschiedene bestimmte Entfernungen giebt, in welchen eine Zurückwerfung oder Durchlassung des Lichtes vorgeht. Weil die Beugung des Lichtes auf viel mehrere Arten hervorgebracht werden kann, als die Zurückwerfung und Brechung, so kann sie uns vielleicht zu einem Leitfaden dienen, diese beyden andern Eigenschaften des Lichtes näher kennen zu lernen.

Die gewöhnlichen **Regenbogen** sind so vollkommen erkläret, als man es nur wünschen kann; aber viel fehlet noch bey den andern Lufterscheinungen, als den Höfen, Nebensonnen und den prächtigen damit verbundenen Lichtkreisen. Dasselbe ist auch von den Nebenregenbogen, dergleichen **Langwith** beobachtete, und von den Ringen zu sagen, die **Bouguer** nebst seinen Reisegefährten auf den peruanischen Gebirgen gesehen hat.

Aus den Beobachtungen von der Brechung des Lichtes durch den **Isländischen Krystall** lernen wir die Eigenschaften der Lichtstrahlen von so mancherley neuen und außerordentlichen Seiten kennen, daß wir die Sache der größten Aufmerksamkeit werth halten müssen. Vielleicht mag uns die Untersuchung anderer natürlicher Körper mit der Entdeckung anderer Eigenschaften des Lichtes belohnen.

Von der **Beschaffenheit des Sehens** scheint man überhaupt wohl unterrichtet zu seyn, und wenig dabey vorfallende Ereignisse werden übrig bleiben, die nicht vollkommen erkläret wären. Doch möchte man noch die Frage: ob die Netzhaut die

die Stelle, wo sich die Strahlen jedes Lichtkegels vereinigen, das ist, der Sitz des Sehens sey oder nicht? besser entschieden wünschen, als es bisher durch die für die eine oder die andere vorgebrachte Gründe geschehen ist. Die Frage: warum man mit beyden Augen die Sachen nur einfach sieht? hat auch einige nicht aufgelösete Schwierigkeiten.

Ueber die Art, wie das Sehen ferner bewerkstelliget wird, nachdem die Bilder der Gegenstände sich auf die Netzhaut abgemalet haben, trägt Newton einige wahrscheinliche Muthmaaßungen vor, welche Dr. Hartley weiter verfolget und aus einander gesetzet hat. Er frägt: ob nicht die Lichtstrahlen auf der Netzhaut gewisse Schwingungen erregen, die längst der soliden Fibern der Sehenerven nach dem Gehirne zu fortgepflanzet werden, und daselbst die Empfindung des Sehens hervorbringen? ob nicht die Strahlen von verschiedenen Gattungen Schwingungen von verschiedener Größe erregen, so wie verschiedene Schwingungen der Luft die Ursache verschiedener Töne sind, und ob nicht die am meisten brechbaren Strahlen die kürzesten, die am wenigsten brechbaren die längsten Schwingungen hervorbringen? endlich ob nicht die Harmonie oder Disharmonie der Farben von dem Verhältnisse ihrer Schwingungen abhängt l)?

Wenn man im Dunkeln den einen Winkel des Auges mit dem Finger drücket, und das Auge nach der andern Seite hindrehet, so wird man einen bunten Kreis sehen, mit Farben, wie an den Pfauenschwänzen. Bleibt das Auge und der Finger ruhig, so verschwindet dieser bunte Kreis in einer Secunde; wird aber der Finger hin und her beweget, so erscheint er wieder. Entspringen diese Farben, fraget Newton, nicht daher, daß auf dem Boden des Auges durch den Druck und die Bewegung des Fingers solche Erschütterungen entstehen, wie sonst durch die Wirkung des Lichts? Wenn eine glühende Kohle geschwinde im Kreise herumgeschwungen, den Anschein eines vollständigen feurigen Kreises hervorbringt, führet dieses nicht daher, weil die auf dem Boden des Auges verursachte Bewegung eine Zeit lang fortdauert, und dienet dieses nicht zum Beweise, daß sie schwungartig ist m)?

Die Vergrößerungskraft der **Teleskope** ist vielleicht so weit getrieben, als es wegen der Beschaffenheit unserer Atmosphäre möglich ist; aber sie ließen sich wohl bequemer einrichten, und wohlfeiler machen, als es besonders die Dollondischen sind. Vielleicht könnte man auch den Spiegeln der reflectirenden Teleskope eine solche Figur geben, daß diese bey gleicher Oeffnung einer stärkern Vergrößerung fähig würden.

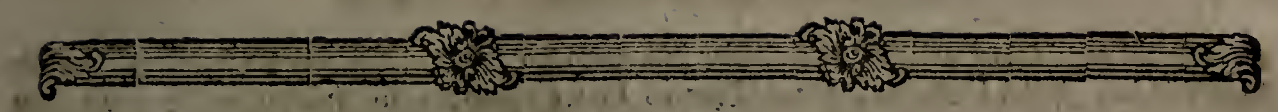
Mikroskope scheinen alle mögliche Vollkommenheit erreichet zu haben, in so ferne sie zu durchsichtigen Objecten gebrauchet werden; aber zur Betrachtung undurchsichtiger Objecte müßten sie noch bequemer und vollkommener gemachet werden.

Dies ist eine allgemeine Anzeige der vornehmsten Desiderata in der Lehre vom Sehen, Licht und Farben; mehrere wird der Leser hin und wieder in der vorgetragenen Geschichte angemerket finden.

l) Newt. Opt. Qu. 13. 14.

m) Ibid. Qu. 16.

Ende des zweyten Theils.



Register
nebst
einer vorhergehenden Nachlese
einiger Anmerkungen.

Ob ich mir gleich alle mögliche Mühe gegeben, so weit mein Vorrath an Hülfsmitteln reichte, bey dieser Uebersetzung das Original zu berichtigen und zu ergänzen, so finde ich doch nun, da ich die Arbeit eben vollendet, verschiedenes noch nachzutragen. Ich zweifle nicht, daß noch manches zu erinnern seyn mag, sowohl in Absicht auf das Original als die Uebersetzung, da es nicht wohl möglich ist, daß ein Werk wie dieses, das erste in seiner Art, gleich seine Vollkommenheit erhalte. Also bitte ich Kenner, die dieses Buch ihrer Aufmerksamkeit werth halten, mir ihre Anmerkungen darüber gefälligst mitzutheilen. Ich werde davon mit verpflichtester Dankerkennung Gebrauch zu machen suchen. Ueberhaupt würde es zum Fortgange der Wissenschaften vieles beytragen, wenn Gelehrte sich ihre Anmerkungen über ihre Schriften mehr privatim mittheilten. Unsere Journale tragen zu dieser Absicht nicht viel bey, können es auch nicht wohl, da Recensionen mehr für die Leser als für den Verfasser einer Schrift bestimmet sind. Freylich wird vorausgesetzet, daß solche Erinnerungen auch gut aufgenommen werden. Mir wenigstens sollen sie willkommen seyn, wie alles, wodurch ich meine Kenntnisse erweitern kann — hier sind meine eigene Bemerkungen.

Zu S. 9. In Paris ist neulich herausgekommen, du miroir ardent d'Archimede, par Mr. L. Dutens, 8vo. Ich kenne dieses Buch bisher nur aus Recensionen. Der Verfasser behauptet die Richtigkeit der Erzählung. Er theilet aus einem griechischen MS. des Anthemius in der Königl. Bibliothek zu Paris, eine getreue Uebersetzung der ganzen Stelle mit, in welcher Anthemius den von ihm verfertigten Brennspiegel nach seiner ganzen Structur beschrieben hat.

Brydone beschreibt in seiner Reise durch Sicilien und Malta, 1 Th. 243 S. d. deutsch. Uebers. die Lage des Ortes, wo Archimedes die Römische Flotte soll ange-

zündet haben, recht wohl. Syrakus hat zween Häfen, den größten an der Südwestseite der Insel Ortygia, eines Theiles dieser ehemals so mächtigen Stadt; den andern kleinern an der Nordostseite dieser Insel. Jener war zu stark befestiget, als daß die Römischen Flotten hineindringen konnten. Der Thurm des Archimedes, von welchem er die Römischen Galeeren angezündet haben soll, wird noch gezeiget. Er stund dem kleinen Hafen, wo die Römische Flotte vor Anker gelegen haben soll, gerade gegen Norden, so daß ihre Schiffe in gerader Linie zwischen ihm und der Mittagssonne, und in einer sehr kleinen Entfernung von der Stadtmauer lagen, auf welcher dieser Thurm stund. Also muß die Verbrennung durch die Zurückwerfung der Sonnenstrahlen geschehen seyn. Denn, wenn man annimmt, daß sie durch ordentliche Brenngläser (so lese ich statt Brennspiegel) oder durch Spiegel von parabolischer Art geschehen sey, so hätte man einen Thurm von ungeheuerer Höhe auf der Insel Ortygia errichten müssen, um diese Spiegel zwischen die Sonne und die römischen Galeeren zu bringen, und auch dieses hätte nicht eher als des Nachmittags geschehen können, da die Sonnenstrahlen schon sehr schwach sind. Brydone fiel für sich, ehe er von Büffons Brennmaschine was wußte, darauf, daß, wenn die Sache nicht gänzlich erdichtet wäre, sie vermittelst gemeiner Spiegelgläser oder sehr heller metallener Platten zu Stande gebracht seyn möchte.

Zu S. 24. Außer dem Herrn **Dutens**, der überhaupt die Entdeckungen der Neuern bey den Alten schon finden will (das Uebertriebene dieses Verfahrens ist in der feinen periodischen Schrift, der Philosoph für die Welt, 1 Stück gut gezeiget) hat sich auch der P. **Abat** vor wenig Jahren zum Vertheidiger der Alten in Absicht auf ihre optische Kenntnisse aufgeworfen, in den von ihm 1763. herausgegebenen Amusemens philosophiques. In dem sechsten Stücke handelt er weitläuftig von dem großen Spiegel, welchen, der Sage nach, die ich aber von keinem alten Schriftsteller bestätiget finde, **Ptolemäus Evergetes** auf dem Alexandrinischen Pharus soll haben errichten lassen, mittelst dessen er alles, was in Aegypten vorgegangen, auch Schiffe auf dem Meere bis auf 600000 Schritte, habe sehen können. Man hat diese Erzählung als ungereimt verworfen; Abat aber giebt sich Mühe, sie zu retten, in so weit nämlich, daß nach Absonderung des Wunderbaren und Unmöglichen, ein Spiegel bleibt, der die Dienste eines Fernrohres gethan haben soll. Er beweist erstlich die Möglichkeit dieser Sache mit vielem Geräusche, wie es ihm gewöhnlich ist; und, nach einer langen Ausschweifung über die optischen Kenntnisse der Alten, auch die Wahrscheinlichkeit, daß der gedachte Spiegel wirklich da gewesen, und dieses letztere folgendergestalt. Entweder hat man in einer Stadt, wie Alexandrien, dem damaligen Hauptsitze der Wissenschaften und Künste, unter den vielen daselbst ohne Zweifel gemachten ebenen Spiegeln einen zufälliger Weise getroffen, der etwas vertiefet gewesen, und zwar auf eine regelmäßige Art; oder es hat auch ein Künstler, der sich mit Verfertigung von Hohlspiegeln beschäfftiget, einen von ziemlicher Brennweite gemachet, und durch die Erfahrung gefunden, daß

er vermittelst desselben entfernte Gegenstände sehr deutlich und klar sehen könnte; worauf denn, der Vortrefflichkeit der Sache wegen, ein solcher Spiegel auf einem so ansehnlichen Gebäude als der Pharus war, aufgestellet ist.

Wenn man die Sache solchergestalt erkläret, so ist sie freylich ganz wohl möglich, es folget aber alsdenn auch nichts daraus für die Einsichten der Alten in optischen Dingen. Daß sie Hohlspiegel gehabt haben, ist offenbar genug, und natürlich. Diese hatten die alten Peruaner auch, da man, wie **Don Ulloa** erzählet, in Peru eine Menge Concav- und Converspiegel gefunden, die alle auf einer Seite eben, und vortrefflich gearbeitet gewesen. Vielmehr, wenn auf dem Pharus wirklich ein Spiegel befindlich gewesen ist, dessen man sich gewissermaßen wie eines Teleskops bedienet hat, so beweist die fabelhafte Vergrößerung der Sage, daß man noch sehr wenig optische Einsichten und Erfindungen gehabt hat. Nur die ersten Entdeckungen in einem gewissen Fache machen ein allgemeines Aufsehen, und haben die Ehre von den Nichtkennern übertrieben zu werden; die folgenden, wenn sie gleich wichtiger, überdachter, mehr eigentliche Erfindungen sind, erregen weniger Geräusch; weil sie nur für den Kenner sind. Ueberhaupt je reicher die Welt an Entdeckungen wird, desto weniger Aufhebens wird von den neu hinzukommenden gemachet, die in frühern Zeiten doch die ganze Erde in Erstaunen gesetzet, und allgemeine Bewunderung in Versen und in Prose erhalten haben würden.

Es kömmt doch dem Ansehen nach beym **Plinius** eine Spur von Augengläsern vor. Er saget B. 37. C. 5. von den Smaragden: Iidem plerumque et concaui, vt visum colligant. Quapropter decreto hominum iis parcitur, scalpi vetitis — Quorum vero corpus extensum est, eadem qua specula ratione supini imagines rerum reddunt. Nero princeps gladiatorum pugnas spectabat smaragdo. Abat zieht hieraus die Folge, daß die Alten gewußt haben, daß durchsichtige Körper hohl geformet das Sehen deutlicher machen, und daß sie auch die Kunst verstanden, sie hohl zu schleifen. Es könnte nun zwar, visum colligere auch heißen, die scheinbare Größe verkleinern; doch, wenn es auch heißt, deutlicher machen, warum schreibt P. diese Eigenschaft bloß den Smaragden zu? Die Kenntnisse der Alten in optischen Sachen scheinen sich doch über eine einzelne Bemerkung nicht haben erheben zu können. Des Nero Smaragd war, wie Abat es erkläret, entweder ein Hohlglas, oder vielmehr ein ebener Spiegel, dessen er sich bedienet haben mag, das Licht zu mäßigen. Nero war blödsichtig. Denn Plinius saget, L. II. c. 37. Neroni, nisi cum conniueret, ad prope admota, hebetes (oculi).

Die Erfindung, Glasspiegel mit einer metallischen Folie zu machen, schreibt Abat der Stadt Sidon zu, und stützet sich deswegen auf eine Stelle beym **Plinius**, L. XXXVI, c. 26. Aliud (vitrum) flatu figuratur, aliud torno teritur, aliud argenti modo caelatur, Sidone quondam iis officinis nobili, *siquidem etiam*

 specula

specula excogitauerat. Wenn hier nur etwa, saget Abat, solche Spiegel zu verstehen wären, die einen schwarzen Ueberzug gehabt hätten, so war es nicht der Mühe werth, dem Orte der Erfindung einen Ruhm beyzulegen, besonders da die Kunst metallene Spiegel zu machen, damals sehr hoch gestiegen war, wie A. es allerdings sehr wahrscheinlich machet. Ueberdem, wenn man auf das Datum der Erfindung zu kommen suchet, so findet man die Glasspiegel immer als bekannt. Stellen, die Abat aus dem Antonius von Padua, Vincentius von Beauvais, Johann Peccam und Raimundus Lullus anführet, zeigen, daß im dreyzehnten Jahrhunderte Glasspiegel eine ganz und fast einzig bekannte Art von Spiegeln gewesen. Isidorus von Sevilien im siebenten Jahrhunderte saget, zu Spiegeln sey nichts besser als Glas; und Alexander Aphrodisiensis, zu Ende des zweyten Jahrhunderts redet auch von Glasspiegeln. Da Sidon eine reiche Handelsstadt gewesen, in welcher die Künste, insbesondere die Glasmacherkunst, stark getrieben sind, so sey es nicht allein sehr begreiflich, sondern auch sehr wahrscheinlich, daß man daselbst auf das Foliiren der Gläser gefallen.

Metallene Spiegel, saget Plinius L. XXXIII. c. 9. wurden ehedem am besten zu Brundusium aus Zinn und Kupfer (aere) verfertiget. Seneca beschreibt an einigen Stellen die große Pracht, die man mit Spiegeln getrieben, und in einer Inschrift beym Muratori kömmt eine Spiegelmachergilde vor. Vermuthlich mag die Kunst gute metallene Spiegel zu machen, da diese ein Zubehör des Luxus gewesen, bey den Alten hoch getrieben worden seyn, ist hernach mit der Mode in Abnahme gekommen, und hat in den neuern Zeiten wieder erfunden werden müssen. So stellet sich Abat die Sache vor — Von der Geschichte des Glases handeln Hamberger in den Comment. Soc. Goetting. T. IV. und Hr. Michaelis eben daselbst von der Geschichte des Glases bey den Hebräern. Noch eine antiquarische Abhandlung über diesen Gegenstand ist in den Philos. Trans. Vol. L. P. II. enthalten.

Zu S. 68. und 72. Da ich dem **Maurolycus** die Entdeckung der wahren Beschaffenheit des Sehens genommen habe, so hätte ich eine deutlichere Meldung thun sollen, daß **Kepler** diesen wichtigen Umstand zuerst und sehr einleuchtend erkläret habe, welches ihm so viel mehr Ehre machet, da die ältern Optiker die Sache mehr verwirret als aufgekläret hatten. Seine Erklärung findet man in den Paralip. p. 168 seqq. wo er ganz deutlich saget, „das Sehen geschieht mittelst eines Gemäldes der sichtbaren Sache auf der weißen und hohlen Fläche der Netzhaut, wo das, „was außen rechts liegt, auf die linke Seite, und was dort links ist, auf die rechte „Seite fällt, und was dort oben, hier unten, und was unten, hier oben vorgestel„let wird, alles mit seinen natürlichen Farben, so daß, wenn es möglich wäre, die „Netzhaut herauszuziehen, und das Gemälde darauf bleibend zu machen, man „die ganze Halbkugel darauf abgebildet sehen würde, wofern man anders ein schar„fes Gesicht haben würde. Das Verhältniß der Theile des Gemäldes bleibt das-

„selbe

„selbe im Auge, wie des Objectes außen. Das Gemälde entsteht aus so vielen „Paaren Strahlenkegel, als es Puncte in dem Objecte giebt. Der eine jedes Paa„res hat seine Spitze am Objecte, seine Grundfläche auf der Krystalllinse, wiewohl „sie durch die Brechung der Hornhaut etwas verändert wird; der andere hat die„selbe Grundfläche mit jenem, und seine Spitze an der Netzhaut.„

Zu S. 75. In einem kleinen Aufsatze über die Perspektiv der Alten, in dem Teutschen Merkur, 6 B. 2 St. 218 S. schließt der Verfasser aus einer Stelle des Cicero, (de Oratore, L. 2. c. 83.) — *pictoris* cuiusdam *summi* ratione et modo, *formarum varietate locos* distinguentis, daß es unter den Malern der Alten einige gegeben, welche die Verschiedenheit der Entfernungen durch die Verschiedenheit der Formen bezeichnet, und also die Gesetze der Perspektiv in ihren Werken beobachtet hätten; es seyn aber nur Maler von der ersten Classe gewesen, die diese Geschicklichkeit besaßen, aus welcher sie vermuthlich eine Art von Geheimniß gemachet hätten. **Phidias** habe die Geometrie und die Optik getrieben, und die Wirkungen der Perspektiv verstanden, wie sein Wettstreit mit dem **Alkamenes** wegen der Bildsäule der Minerva beweise.

Zu S. 76. Von der hier angekündigten Abhandlung des Hrn. Prof. **Meister** ist nunmehr der erste Theil in dem 5. Theil der Götting. Comment. erschienen.

Zu S. 81. Während des Abdruckes dieses Buches ist eine ganz umständliche Anwendung der Analysis und der Trigonometrie auf die Perspectiv und die verschiedenen Arten von Projectionen von Hrn. Prof. **Karstens** in dem 7. Theile seines Lehrbegriffes der Mathematik geliefert, welcher sie fast ganz einnimmt. Ich muß aber doch gestehen, daß mir eine reine geometrische Abhandlung dieser Wissenschaft, bey welcher wenig oder gar nicht gerechnet, sondern immer gezeichnet wird, lieber gewesen wäre.

Zu S. 110. **David Gregorys** Elemente sind Akademische Vorlesungen (99. Octavs. in der ersten Ausg.) nach geometrischer Lehrart, daher die analytischen Formeln, dergleichen sonst Halley damals schon bekannt gemachet hatte, darinne fehlen. Für unsere Zeiten sind sie, wie man leicht denken kann, zu unvollständig. Auch möchten Vorlesungen, wie diese, ihr Glück auf unsern deutschen Akademien nicht machen. Irrthümer habe ich, soviel ich beym Durchblättern bemerken können, nicht darinn gefunden.

Von **Barrows** Lectionibus opticis et geometricis sind noch ältere Ausgaben als die von 1674. London, wie es heißen muß, und nicht Cantabrig. Nach einer mir mitgetheilten Nachricht, erinnert **Ward** in Barrows Leben in the lives of the Professors of Gresham Colledge Lond. 1740 fol. daß ein Zusatz zur 12. geometrischen Lection in Transf. philos. nr. 75 stehe, und weil die in die Ausgabe von 1672, 1674 nicht eingerücket seyn, möchten wohl nur die Titel von ihnen neu seyn. Ich finde in meiner Ausgabe (London 1674) das Datum des Imprimaturs, Mart. 22, $166\frac{8}{9}$, und Montucla giebt auch das Jahr 1669 an. Aus der ersten von den drey

Vorreden erhellet auch, daß die optischen Lectionen zuerst besonders vor den geometrischen herausgekommen sind.

Zu S. 159. Von dieser Schenkung Benedicts XIV. steht in den Comm. Bonon. T. V. P. 2. praef. folgende Nachricht. Ac tum primum officina vitrorum in Instituto exstitit, cuius custodia non minus Pontificis quam Senatus voluntate Lellio est credita. Eundem officinae quoque alteri praeesse voluerunt, in qua *instrumenta* reposita sunt *nobilissima*, quae olim Marsilius e *Germania* aduexerat, tornandis mira arte corporibus vtilia. Vielleicht kann dieses Citatum einem Reisenden nützlich werden, daß er sich die deutschen Drechslerinstrumente, die er sich in Bononien nicht vermuthen möchte, auch zeigen lasse, wenn er die italienischen Glasschleiferinstrumente besehen hat.

Zu S. 162. Schon vor **Gregory** hat jemand die Idee eines Spiegelteleskops gehabt, und sie auch ausgeführet. **Abat** führet in seinen Amus. phil. p. 381 eine Stelle aus des **P. Zucchi**, eines Italienischen Jesuiten, Optica Philosophia. Lyon 1652. P. I. c. 14. p. 126 an, wo dieser erzählet, er sey im Jahre 1616, beym Nachdenken über die neu erfundenen Fernröhre auf die Gedanken gekommen, Hohlspiegel von Metall statt der gläsernen Objective zunehmen, habe auch wirklich den Versuch gemachet, und mit einem gut gearbeiteten Hohlspiegel ein Hohlglas als Ocular verbunden, womit er Gegenstände auf der Erde und am Himmel betrachtet, und seine Theorie sey durch den Erfolg bestätiget. Diese Nachricht ist merkwürdig. Man sieht, daß der Einfall in die Zeiten gehöret, wo das holländische Fernrohr noch allein bekannt war. In den folgenden Zeiten finde ich nicht, daß man an solche Teleskope wie das Zucchische, weiter gedacht hätte. Vor einigen Jahren theilete mir der itzige Hr. Abt **Häseler** ein Project mit, solche reflectirende Taschenteleskope zu verfertigen. Ich entwarf eine Theorie davon, fand aber, daß der Campus zu klein ausfällt. Da ich die Vergrößerung zu 10, und die Brennweite des großen Spiegels 8 Zoll annahm, fand ich die Brennweite des kleinern Convexspiegels 4, 1 Zoll, die Entfernung beyder $6\frac{2}{3}$ Zoll, die Brennweite des Hohlglases $2\frac{2}{7}$ Zoll, und das Gesichtsfeld 33 Minuten, wiewohl dieses letztere sich vergrößern ließ, wenn man es mit der Abweichung weniger genau nehmen wollte.

Zu S. 177. **Barrow** hat in seiner Lect. Opt. XIV. die Lehre von den Vereinigungspuncten der Stralen durch sphärische Gläser zwar abgehandelt, aber die Formeln nicht bequem ausgedrücket, und eine eigene für jeden Fall, als planconvexe, convexconvexe, u. s. w. convergirende, divergirende Strahlen gegeben. Er nimmt immer zwo Operationen vor, eine für den Vereinigungspunct nach der ersten Brechung, die andere für den Vereinigungspunct nach der zweyten Brechung. Auch seine am Ende dieser Lection gegebene Verzeichnung ist von eben der Art. Also wird der erste, der eine allgemeine Formel für die Vereinigungsweiten aller Arten von Gläsern bekannt gemachet, wohl **Halley** seyn, der solches in den Philos. Trans. Nouembr. 1693 gethan hat, wie David Gregory in seinen optischen Elementen anführet. Vom Halley ist auch, nach einer mir mitgetheilten Nachricht, ein Aufsatz

in

in den Miscellaneis curiosis vol. 1. (Lond. 1705, worinnen Aufsäße aus den Transactionen stehen) enthalten, unter dem Titel: An instance of the excellency of the modern Algebra in the resolution of the problem of finding the foci of optick glasses universally. Diese ist ohne Zweifel dieselbe Abhandlung mit jener, und man sieht daraus, daß Halley sich für den ersten gehalten haben muß, der solche Formeln gäbe. Hr. Kästner nennt daher den, nach dieser Halleyischen Regel bestimmten, Vereinigungspunct sehr wohl den **Halleyischen**, zum Andenken des Erfinders. Lehrbegr. d. Opt. S. 122.

Indessen müssen wir **Huygens** nicht vergessen, der 1695 gestorben ist, wiewohl seine Dioptrick erst 1703 herauskam. Für die Vereinigungsweite der Parallelstrahlen hat er noch keine Formel, sondern schreibt für die verschiedenen Fälle, welche er unter gewisse Gattungen bringt, ein Verfahren vor, nach welcher erst der Vereinigungspunct nach der ersten Brechung, und dann nach der zweyten gefunden wird. Darauf giebt er eine Regel, die Entfernung des Vereinigungspunctes von dem leuchtenden, oder auch demjenigen, nach welchem die Strahlen hinzielen, zu finden. Sie ist, in den S. 181 dieser Uebers. gebrauchten Zeichen, diese, $F + a = \frac{aa}{a-f}$. Sein Beweis ist aber gewaltig weitläuftig durch eine Menge von Verhältnissen durchgeführet. Hingegen giebt er für die Abweichung wegen der Gestalt eine algebraische Formel, prop. 27, p. 94, doch ohne Beweis. Es ist wunderbar, daß er keine Formel für die Brennweite gesuchet hat, die doch viel leichter ist, und schon vom **Cavaleri** gefunden seyn soll. Er bestimmet sogar die Gestalt, welche ein Linsenglas haben muß, um die kleinste Abweichung zu verursachen. Ueber die Teleskope saget er sehr viel gutes, dabey er auch, wie schon S. 161 angemerket ist, eine Vergleichung der Abweichungen wegen der verschiedenen Brechbarkeit unternimmt, so wie auch seine dioptrischen Tafeln sich bis itzt noch erhalten haben, und wirklich noch die einzigen sind.

Zu S. 264. Man sehe doch über diesen Versuch des Hrn. Beguelin die gegründeten Erinnerungen des Recensenten in der Allgem. deutschen Bibl. XXVI. 1. S. 21. Die Anwendung des Gesetzes der Brechung auf den Einfallswinkel von 90 Grad hat freylich noch etwas dunkles. Sie hängt, soviel ich sehe, mit der Frage zusammen, warum von Strahlen, die unter demselben Winkel auffallen, ein gewisser Theil zurück, ein gewisser Theil durchgeht, und warum, wie die Erfahrung lehret, bey zunehmendem Einfallswinkel die Menge der zurückgehenden immer größer wird.

Zu S. 341. Der Bau des Auges, in soferne es aus Mitteln von verschiedener Brechungskraft besteht, hat schon **David Gregory** zur Nachahmung bey Fernröhren vorgeschlagen. Er saget am Ende seiner optischen Anfangsgründe, "wenn wegen der mit der Ausarbeitung metallener Spiegel verknüpften Schwierigkeiten, „Linsengläser doch lieber zu Objectiven gewählet werden sollten, so möchte es wohl „nützlich seyn, das Objectiv aus Mitteln von verschiedener Dichte zusammen zu se-

„tzen,

„tzen, wie es die Natur, die nichts vergebens thue, bey dem Bau des Auges ge„machet, um das Bild aufs deutlichste sich entwerfen zu lassen." Dies ist ein Beyspiel, wie oft schöne Gedanken lange ungenutzet liegen bleiben.

Zu S. 370. Von der Messung der Höhen durch das Barometer findet man umständlichen und neuesten Unterricht in dem Anhange zu den von Hrn. **Kästner** ganz kürzlich herausgegebenen Anmerkungen über die Markscheidekunst.

Zu S. 413. In dem Naturforscher 1. B. machet der Maler und Kupferstecher, Hr. **Gründler** die Bemerkung, daß die Eyer der Eidechsen im finstern leuchten, zumal wenn sie in der Hand gerüttelt werden.

Nachweisungen von Schriftstellern über das Leuchten der Fische, Insecten, faulen Holzes, findet man in **Hallers** Physiol. T. V. p. 446.

Zu S. 511. Ueber das von **Molyneux** aufgegebene Problem hat Hr. **Merian** eine sehr umständliche Abhandlung in drey Abtheilungen, in den Nouveaux Memoires de Berlin 1770, 1771 und 1772 geliefert.

Register.

A.

B. Bacon,

B.

C.

T.

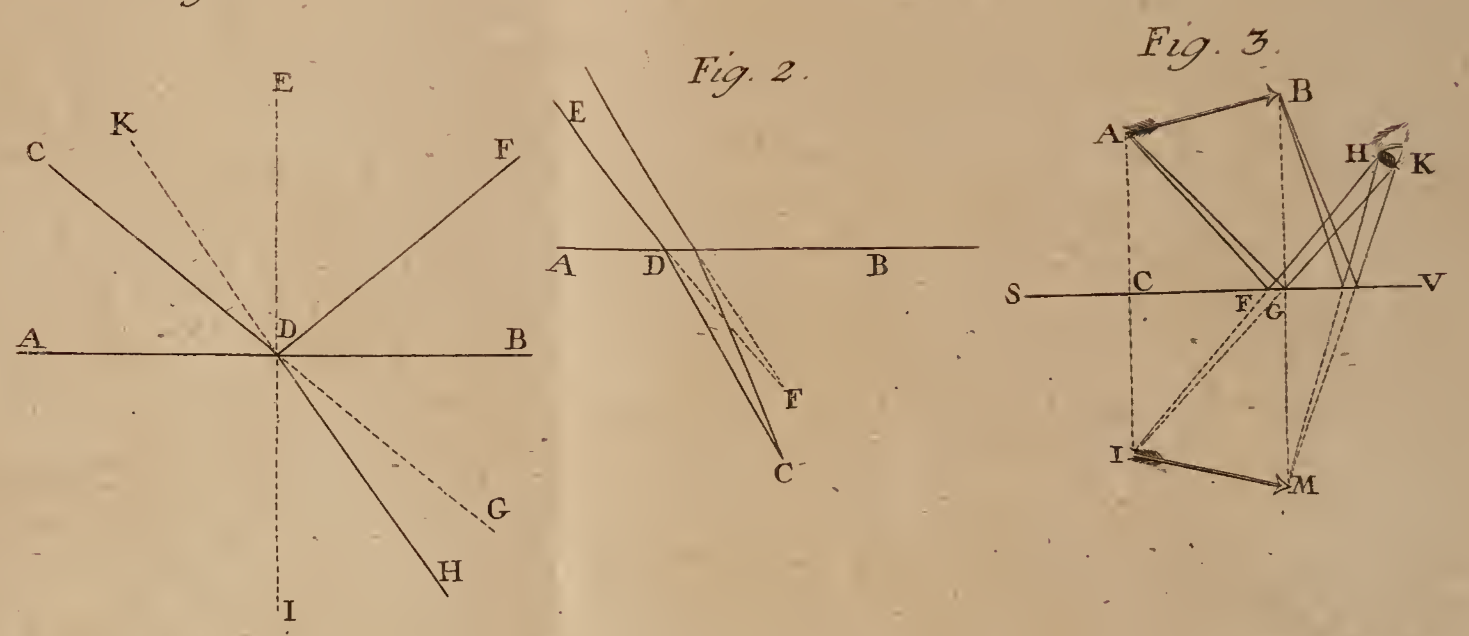
U.

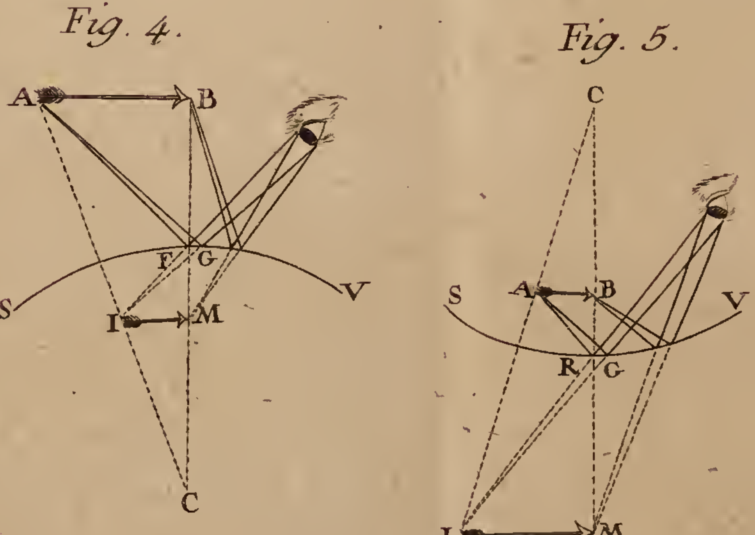
W.

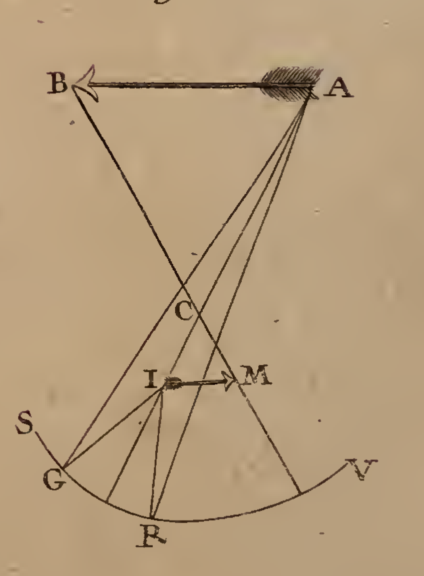
Wolken

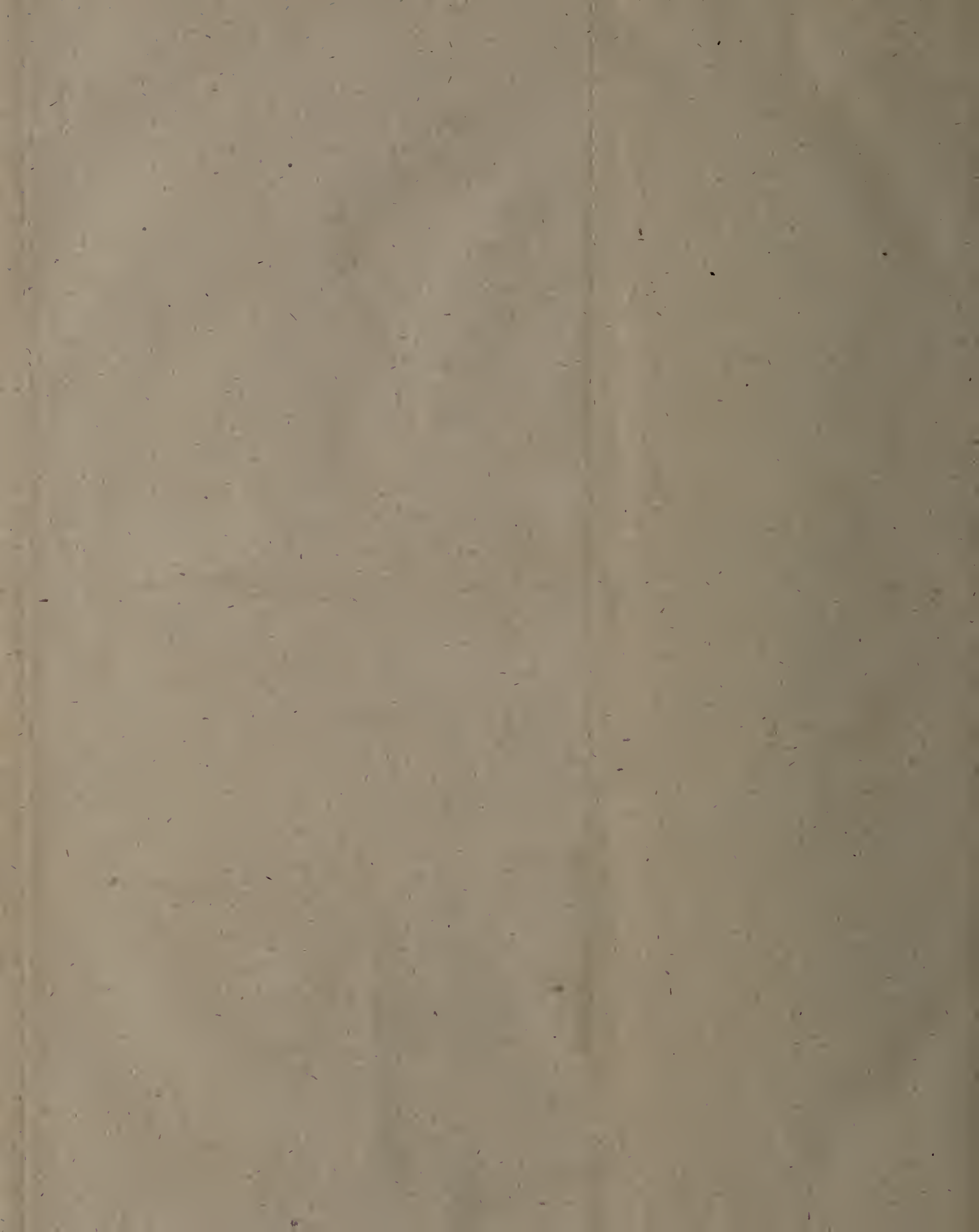
Druckfehler und einige Verbesserungen.

S. 2. am Rande unten zuzusetzen, fig. 1. S. 9. Anm. o) die Periode: Es scheint aber — zur Hand habe, wegzustreichen. Auch wegen des folgenden ist noch zu merken, was S. 101. von der eigentlichen Ursache angeführet ist, wo die zu Ende gemachte Angabe von Büffons Spiegeln verbessert ist. S. 12. Z. 11. statt Ebu, l. Ebn. Ebend. Anm. z) st. Jbu, l. Jbn. S. 17. Z. 2. von unten, st. Aedelmannes, l. Edelmannes. S. 40. Z. 8. st. so, l. zu. S. 56. Z. 6. v. u. st. Cavallerie, l. Cavaleri. Ebend. Anm. a) st. Jesuite, l. Jesuat. S. 57. Anm. d) st. Formel, l. Formeln. S. 58. Z. 11. v. u. st. Loth, l. Loch. Ebend. Anm. f) st. Größe, l. Entfernung. S. 75. Z. 3. v. u. st vermeynet, l. verneinet. S. 79. Z. 6. st. Catanno, l. Cataneo. S. 95. Z. 5. v. u. st. Winkel, l. Ecken. S. 106. Anm. h) nach, die Linie, setze hinzu. HI. S. 111. Z. 10. st. dieser, l. diesem. S. 116. Z. 15. st. ungleichartigen. l. verschiedenen S. 125. Z. 1. v. u. st. das Wasser wie, l. wie Wasser das. S. 139. Z. 14. st. fest, l. fast. S. 140. Z. 22. st. höher, l. härter. S. 148. Z. 20. st. sey, l. seyn. S. 151. Z. 13. st. Landungen, l. Landengen. S. 192. Z. 20. ist in dem zweyten Theile der Gleichung das Zeichen $-$ vor cos A zu setzen. S. 193. Z. 25. st. $p \times s$ lies $p + s$. S. 196. Z. 6. st. grün, l. blau. S. 203. Anm. a) Z. 4. st. er, l. es. In der Figur 56 ist, wo sich die Strahlen T T, p p kreuzen, ein X hinzuzusetzen. S. 204. In fig. 57. sind an den Enden der von S ausgezogenen Linien die Buchstaben p, r, t, von der linken nach der rechten hin zu setzen. S. 206. Z. 24. st. nach der, l. nach dem. S. 208. nr. 2. am Rande zuzusetzen, fig. 59. S. 221. Z. 3. st. den dichten Theil, l. die dichten Theile. S. 223. Anm. o) st. glasächten: l. glasachten. S. 228. Anm. b) st. vermeynten, l. vereinten. S. 236. Z. 14. v. u. st. Mittelpuncte, l. Winkelpuncte. S. 237. Z. 4. v. u. st. Brechungen, l. Beugungen. S. 241. Z. 3. v. u. das Comma nach Gefäße wegzustreichen. S. 242. Anm. a) der Theil von den Worten: Hr. B. redet, bis zu Ende in Parenthese einzuschließen. S. 251. (statt 231) Z. 4. st. Leser, l. Lehre. S. 252. Z. 22. st. Arbeit, l. Aufsicht. Ebend. Z. 23. st. berühmt wurden. l heraus kamen. S. 267. Z. 6. st. sie, l. er. S. 280. Z. 7. st. nach. l. auf. S. 283. Z. 11. st. es. l. sie. S. 287. Z. 4. und sonst mehrmals, st. Atmossphäre, l. Atmosphäre. S. 290. Anm. c) vorletzte Z. nach Zeit zu setzen, ist. S. 294. Anm. b) Z. 5. vom Ende, st. Lamvertmischen, l. Lambertischen. S. 304 Z. 5. v. u. st. Croisie, l. Croisic. S. 306. Anm. c) Z. 4. st. Zusammensetzung, l. Zusammenpressung. S. 316 Z. 14. nach, hintereinander, zu setzen, gestellten. S. 317 letzte Zeile, st. $-1-(1-q)$ l. $-\log(1-q)$. S. 326. In der ersten Tabelle sind Jupiter und Saturn mit einander verwechselt. S. 330. Z. 16. v. u. st. weit, l. leicht. S. 346. Z. 17. st. Brechung. l. Berechnung. S. 356. Z. 19. sie, wegzustreichen. S. 357. Z. 4. st. wären, l. wäre. Ebend. Z. 5. st. Brechungshindernisse, l. Brechungsverhältnisse. S. 369. Anm. g) st. Berl. l. Paris. S. 375. Z. 3. v. u. st. die Goldblättchen, l. ein Goldblättchen. S. 382. Z. 7. v. u. statt Talg, l. Talk. Ebend. Z. 1. v. u. st. Tafelscheibchens, l. Talkscheibchens. S. 398. Z. 4. st. Kräfte, l. Stärken. S. 404. Z. 3. v. u. und Anm. m) st. talgartig, l. talkartig. S. 407. Z. 1, 4. st. Schatten, l. Spalten. S. 414. Z. 14. v. u. vorzusetzen, einige. S. 424. Z. 10. v. u. st. eigentlich, l. uneigentlich. S. 425. Z. 13. st. welche, l. da sie. S. 427. Z. 18. v. u. st. wie, l. wo. S. 436 Z. 16. v. u. st. einer undurchsichtigen, l. einem undurchsichtigen Kern und einer durchsichtigen. Ebend. Z. 14. v. u. st. der Nebensonnen, l. der Höfe, die andere zur Erklärung der Nebensonnen. S. 454. Z. 6. nicht wegzustreichen. S. 457. Z. 4. st. hingegen, l. hiegegen. Ebend. Z. 21. statt Farben, l. Fibern. S. 472. Z. 20. statt herausziehende, l. heraufziehende. S. 474. Z. 19 st. verringern, l. vereinigen. S. 478. Z. 2. v. u. st. ganglior l. ganglion. S. 482. Z. 13. 28. st. Lufträner, l. Lichtränder. S. 503 Z. 12. vor beweget, einzuschieben, so geschwinde. S. 522. unten am Rande zuzusetzen, fig. 123. S. 541. Z. 8. st. mit a, l. weil a. S. 446. am Rande, st. Wasser, l. Farben. S. 550. Z. 11. st. setzete, l. setzet. S. 551. Z. 5. st. 1750. l. 1758.


Fig. 1.
E
K
C
F
D
A
B
G
H
I
Fig. 2.
E
A
D
B
F
C
Fig. 3.
B
A
H
K
S
C
F
G
V
I
M


Fig. 4.
A
B
F
G
S
V
I
M
C
Fig. 5.
C
S
A
B
V
R
G
I
M


Fig. 6.
B
A
C
I
M
S
G
V
R



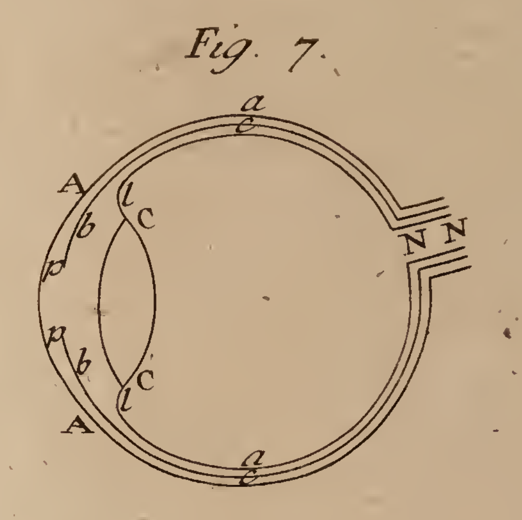


Fig. 7.

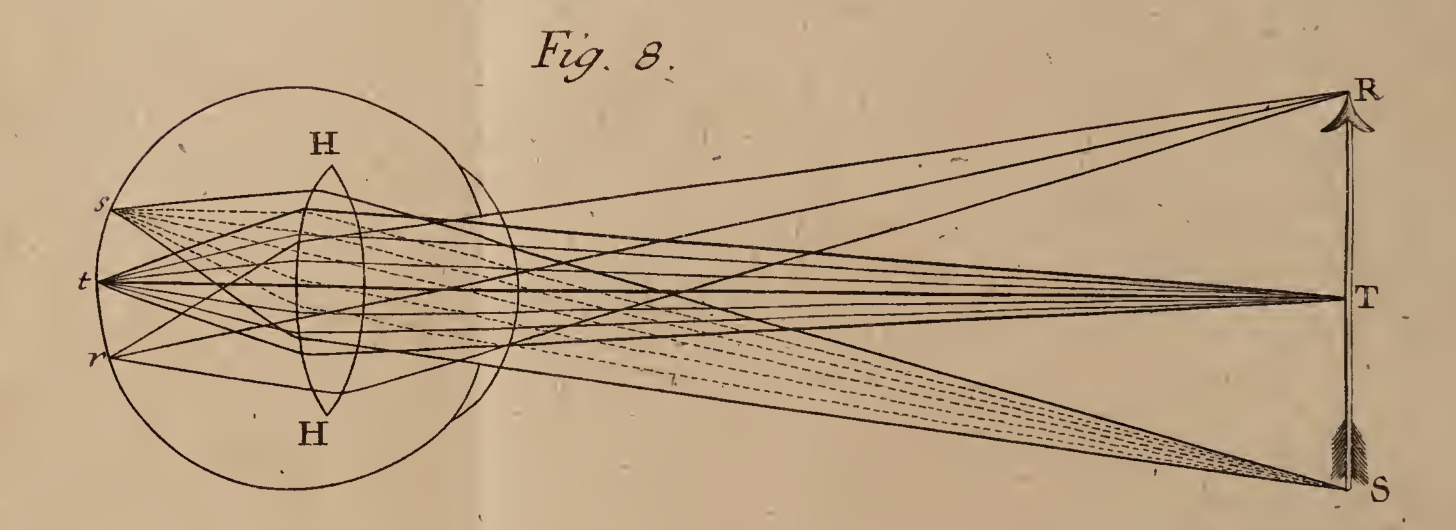


Fig. 8.

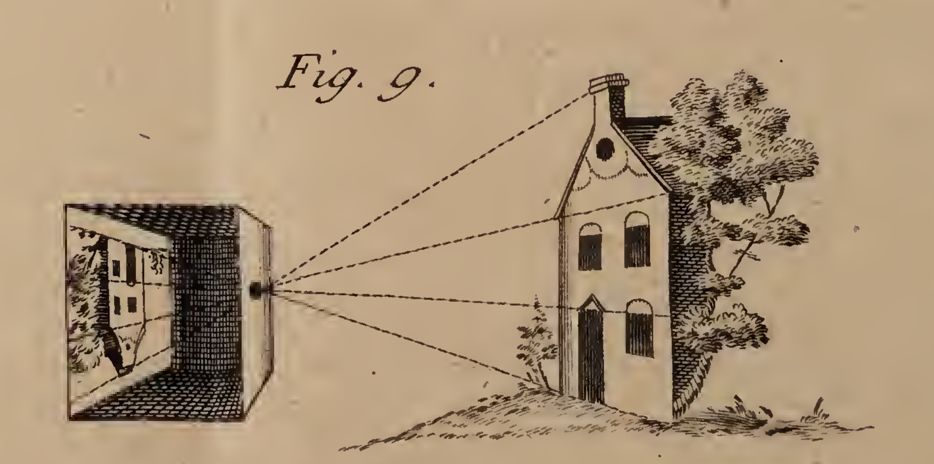
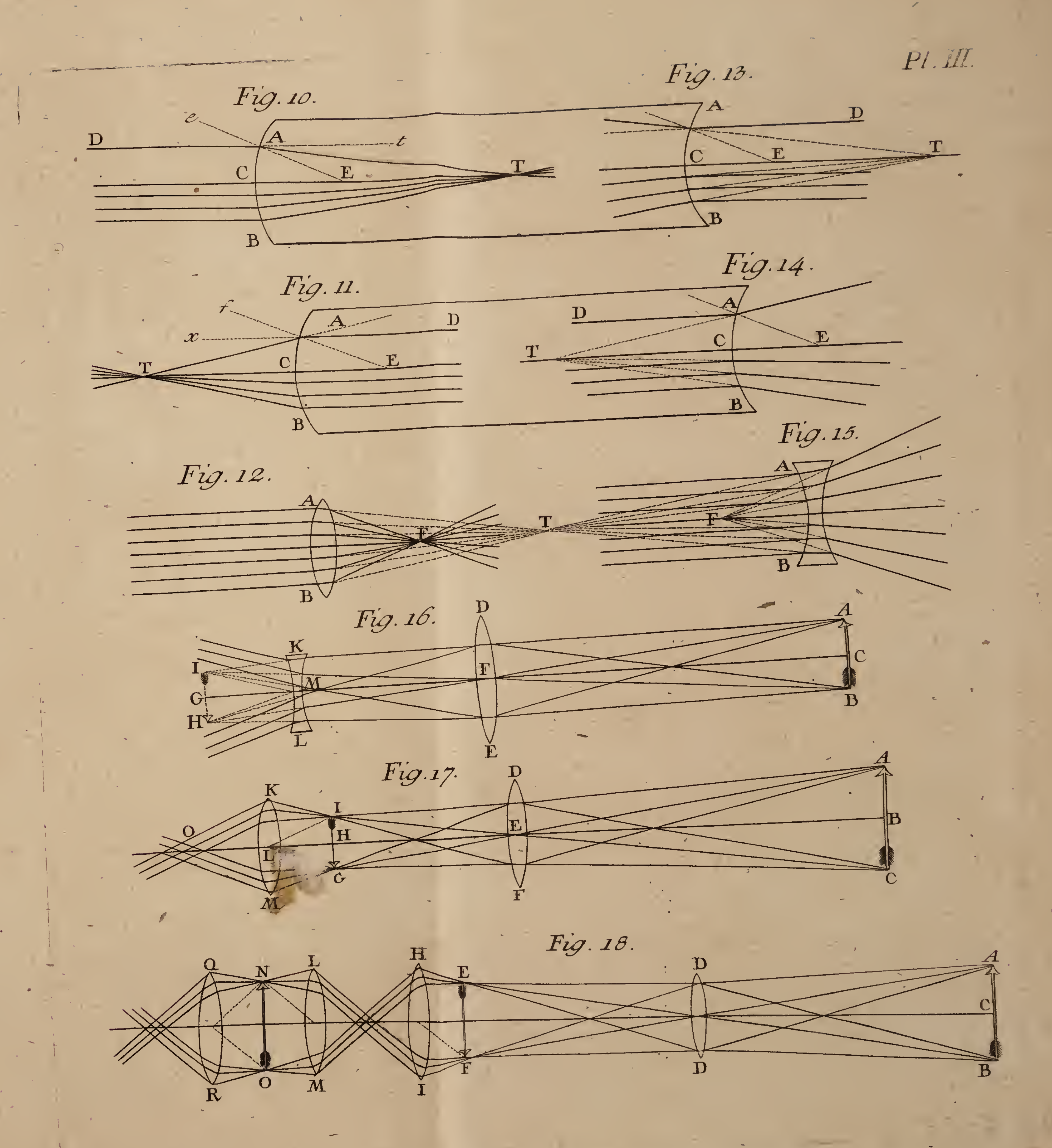
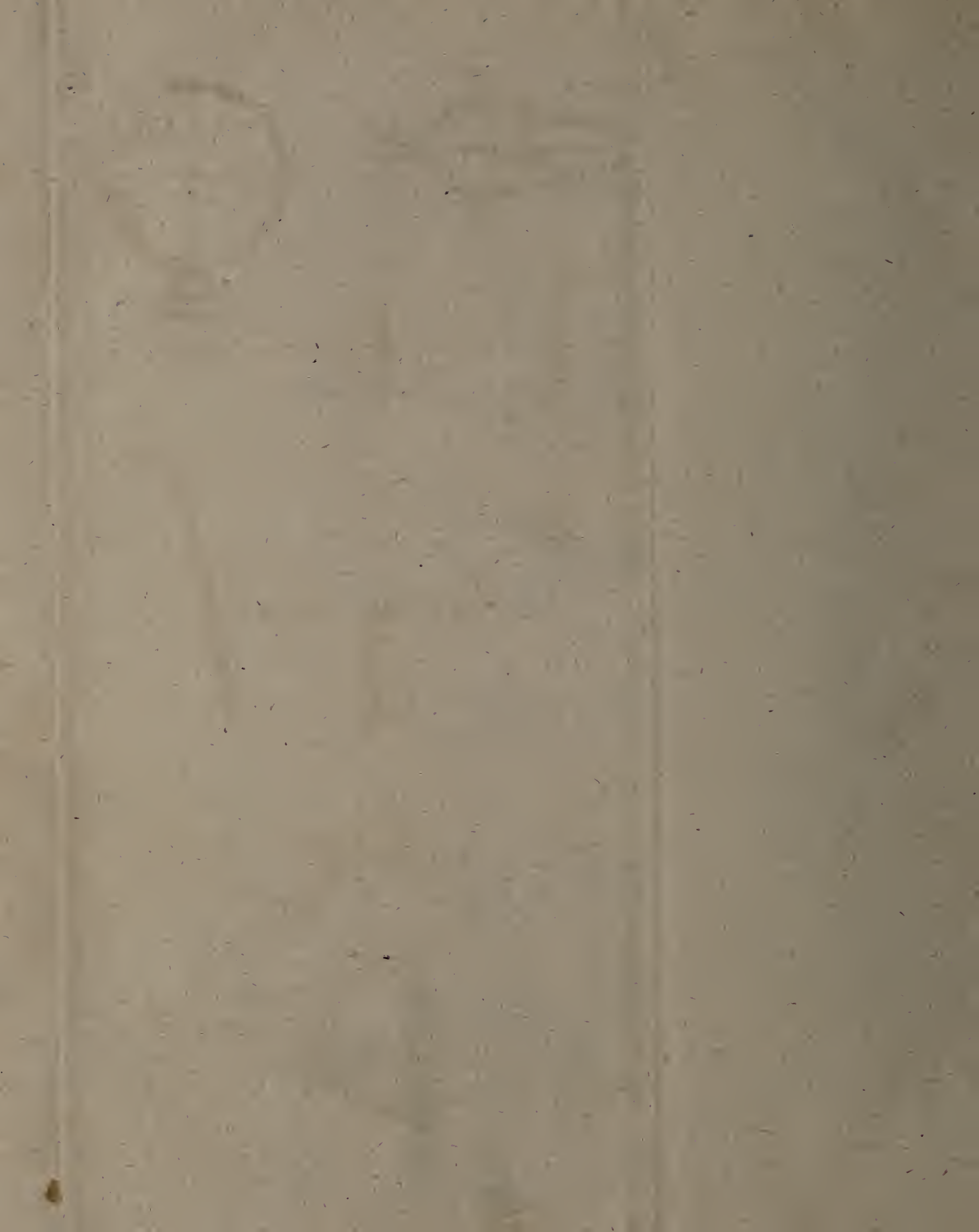
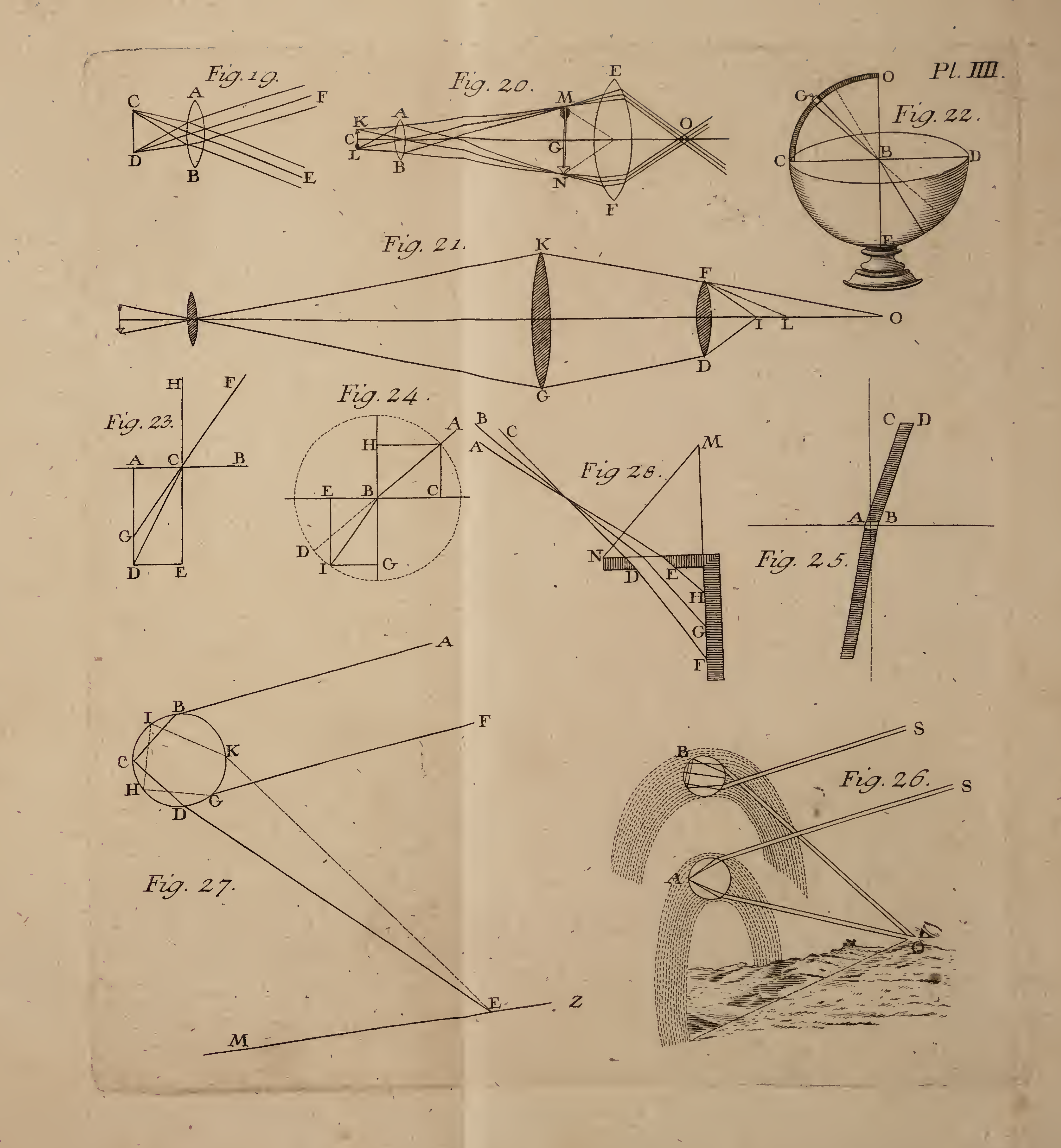


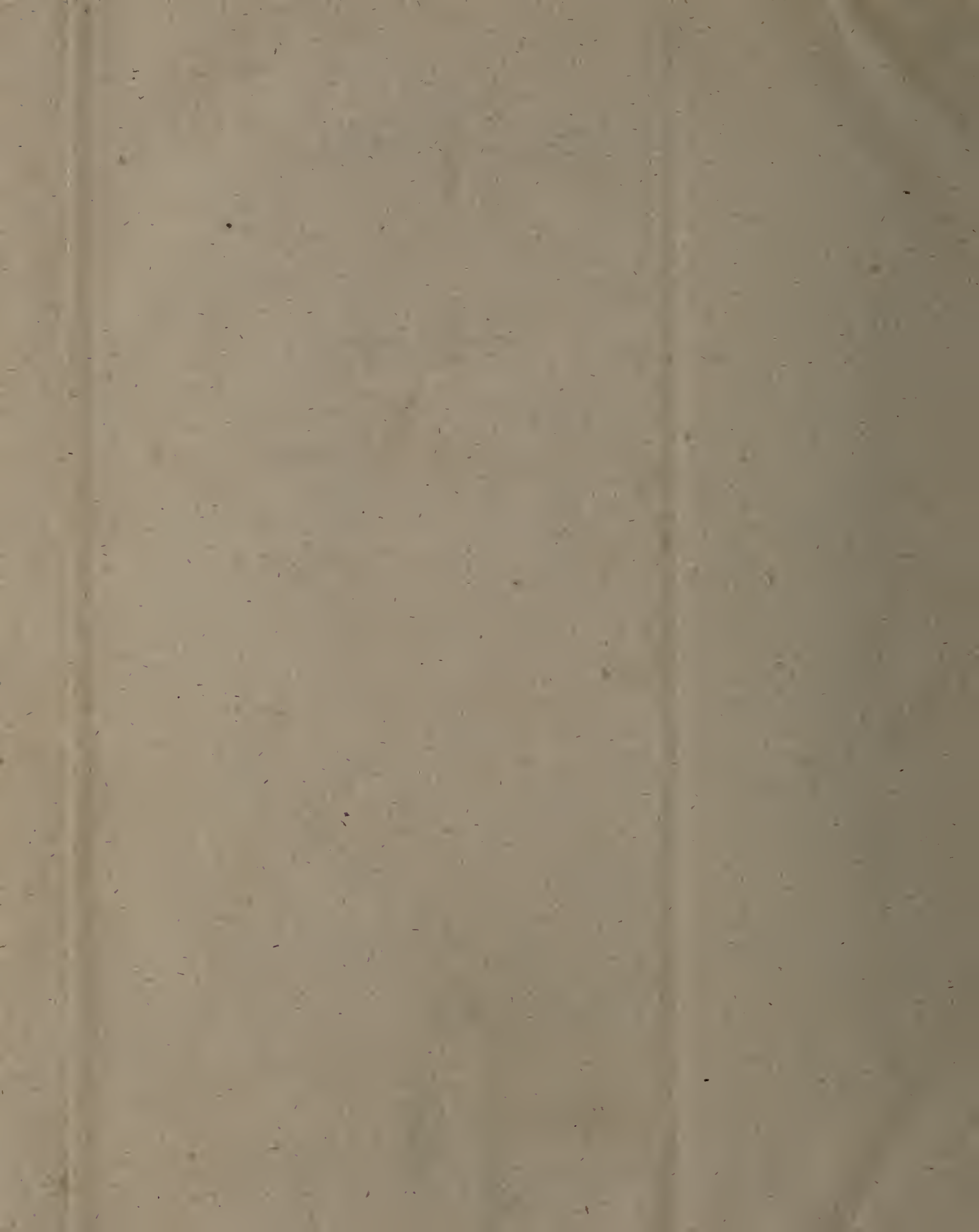
Fig. 9.

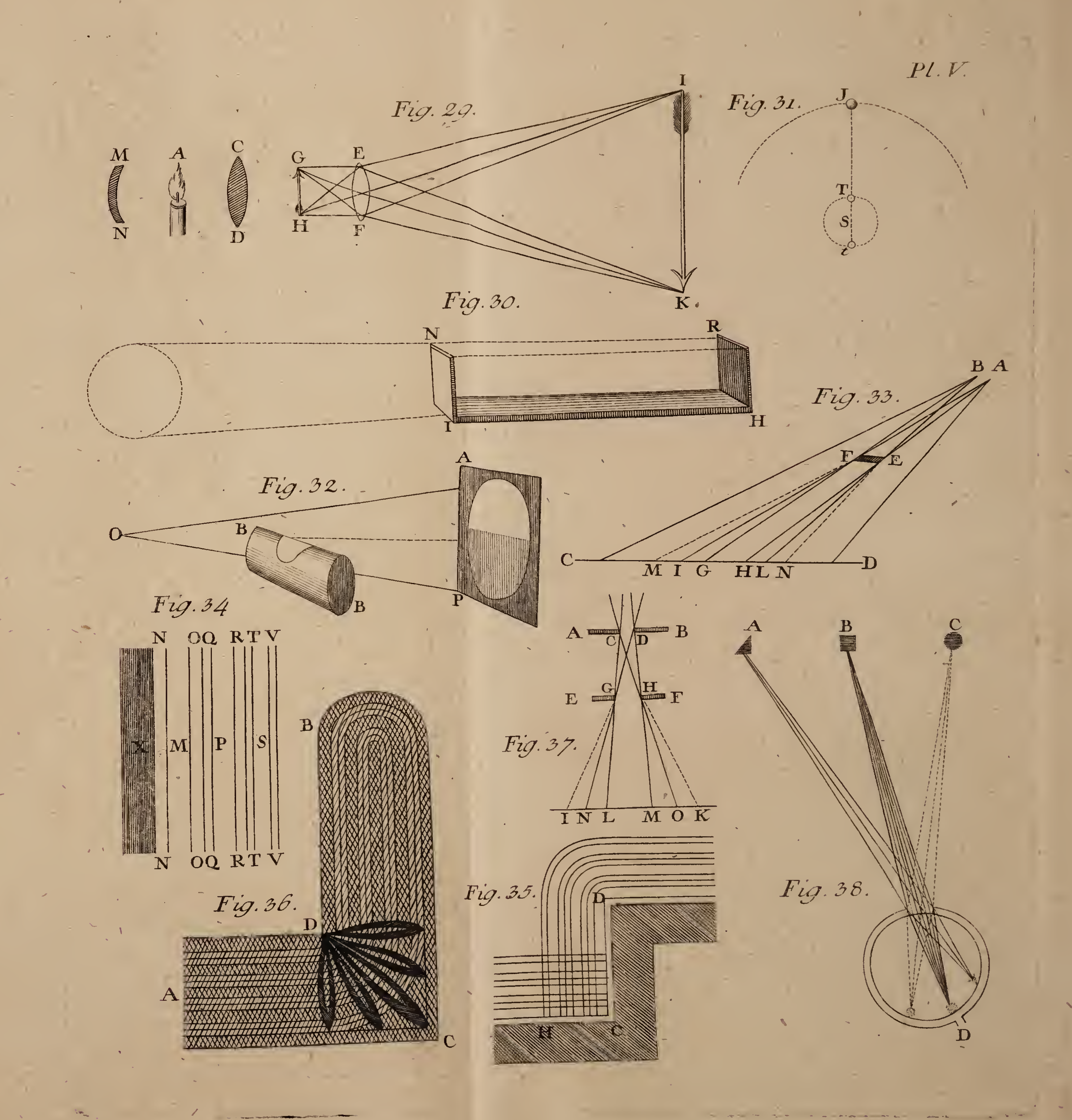


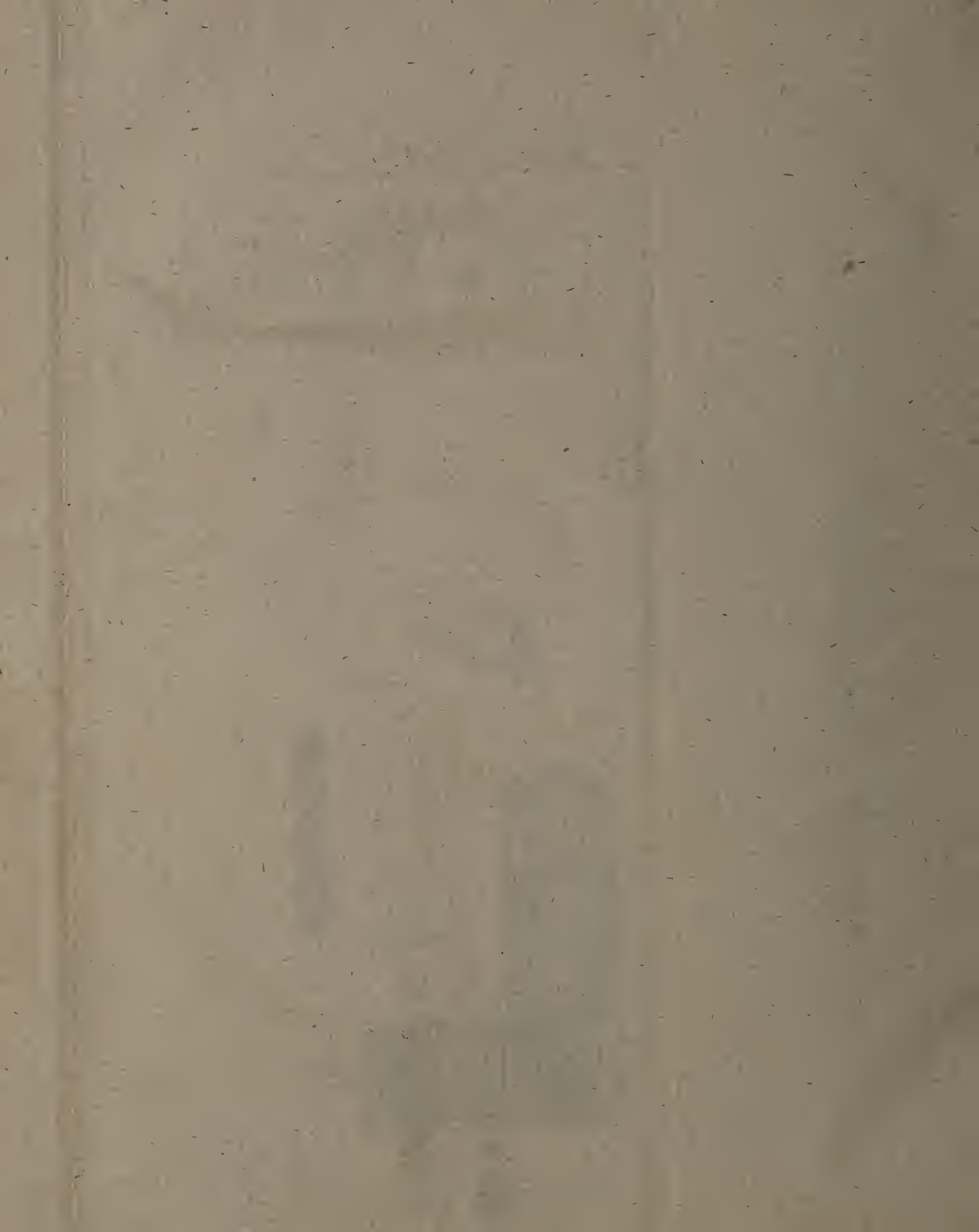

Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.

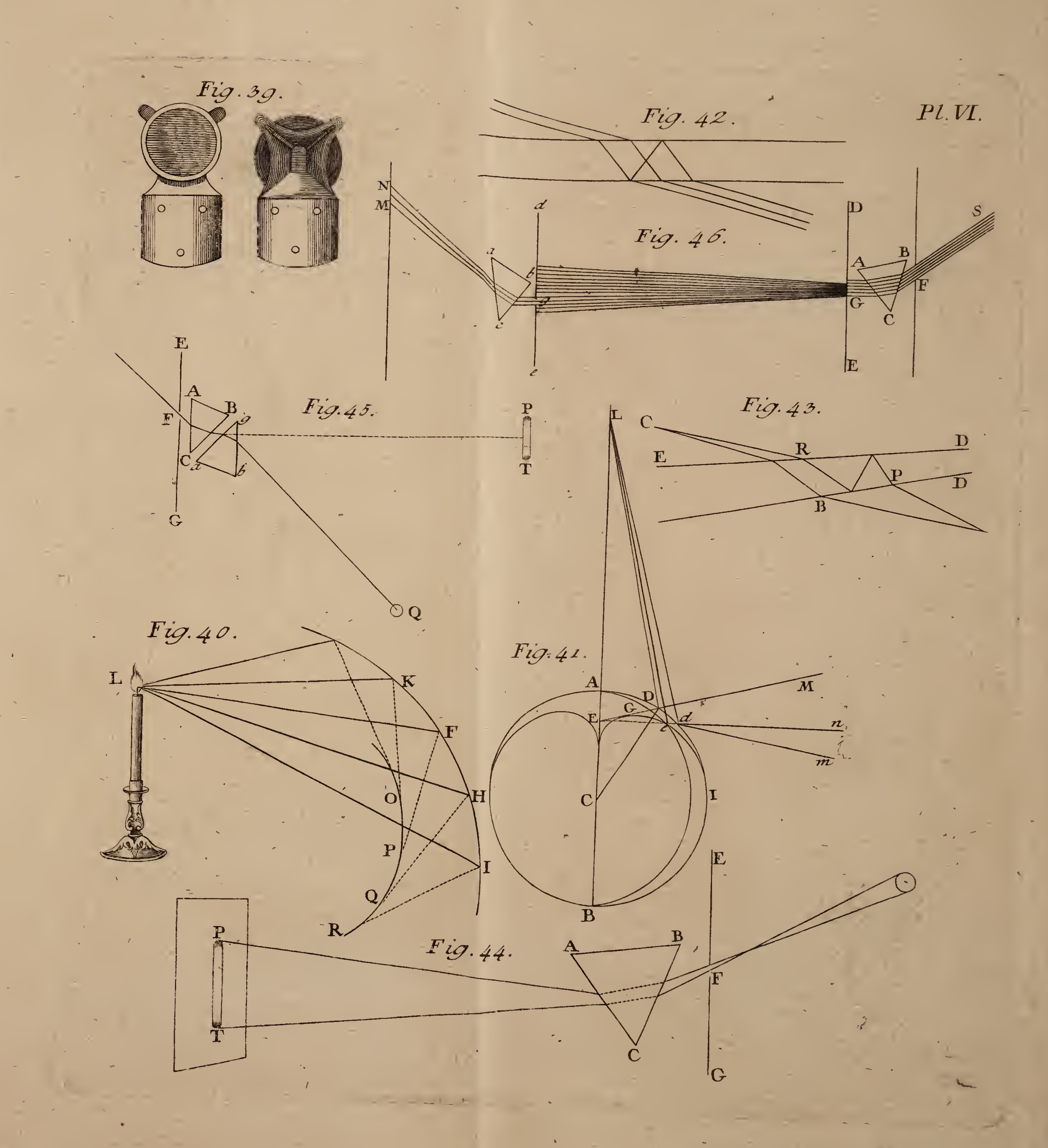



Pl. IIII.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.

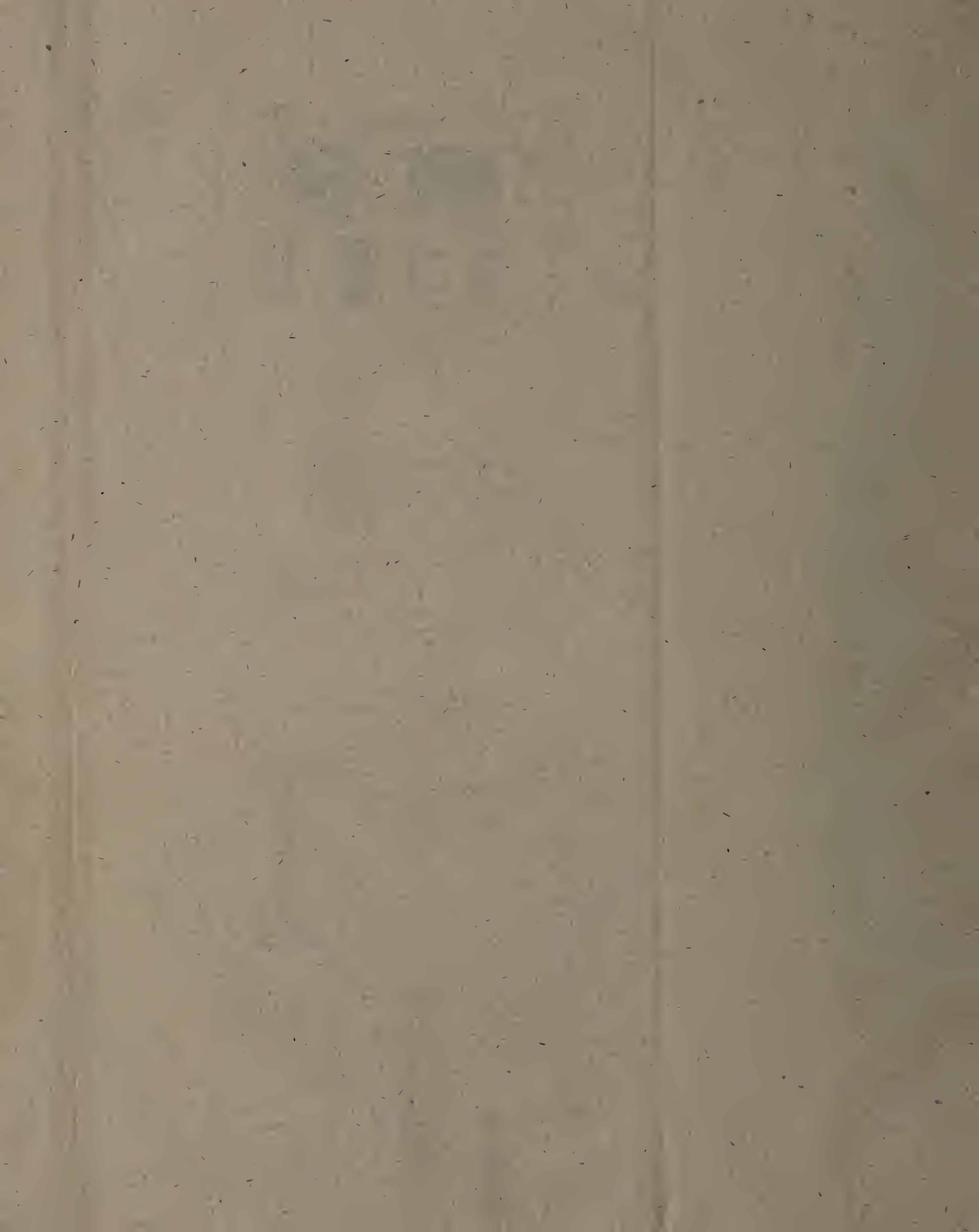


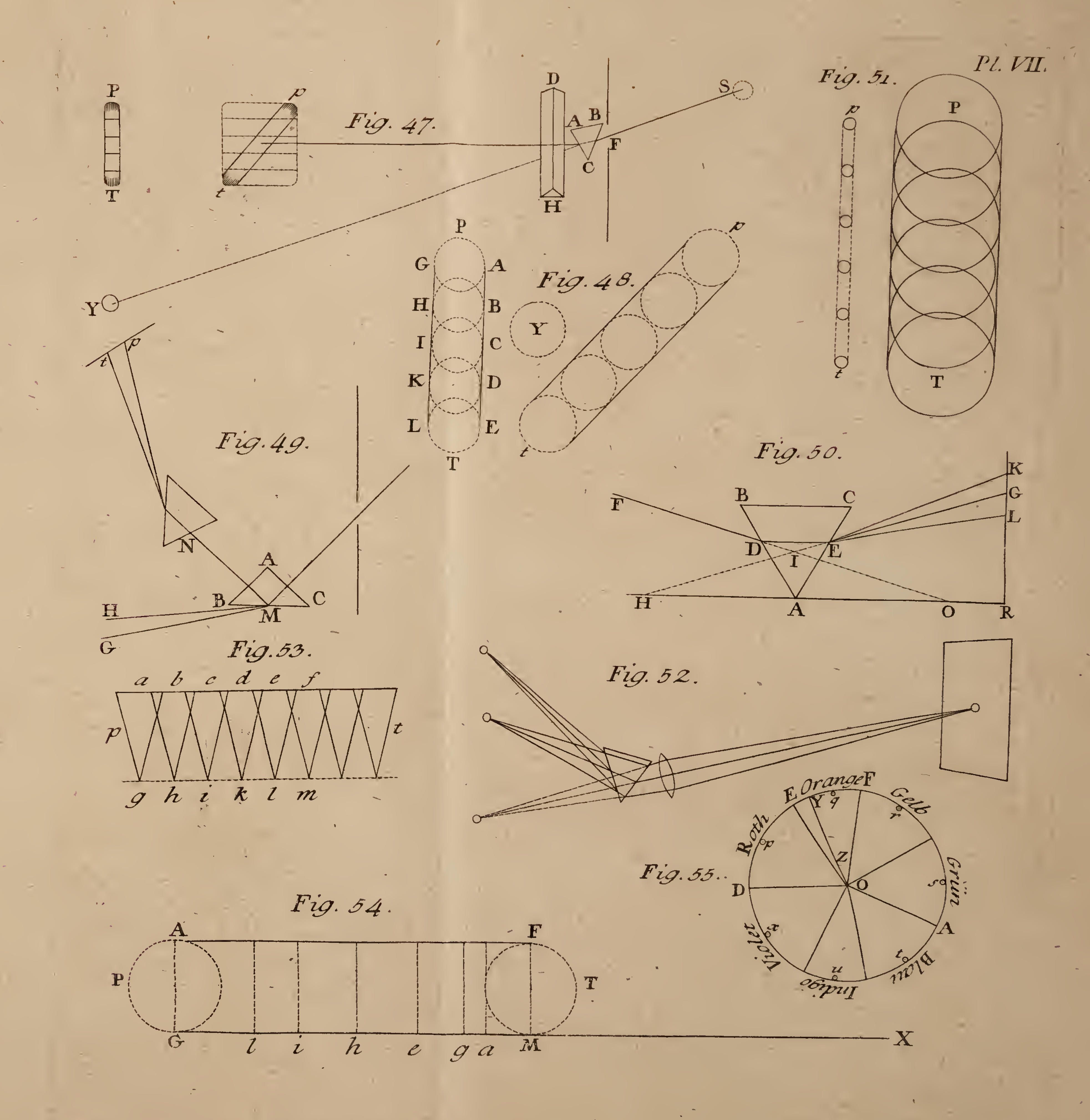

Pl. V.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 33.
Fig. 34
Fig. 35.
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.

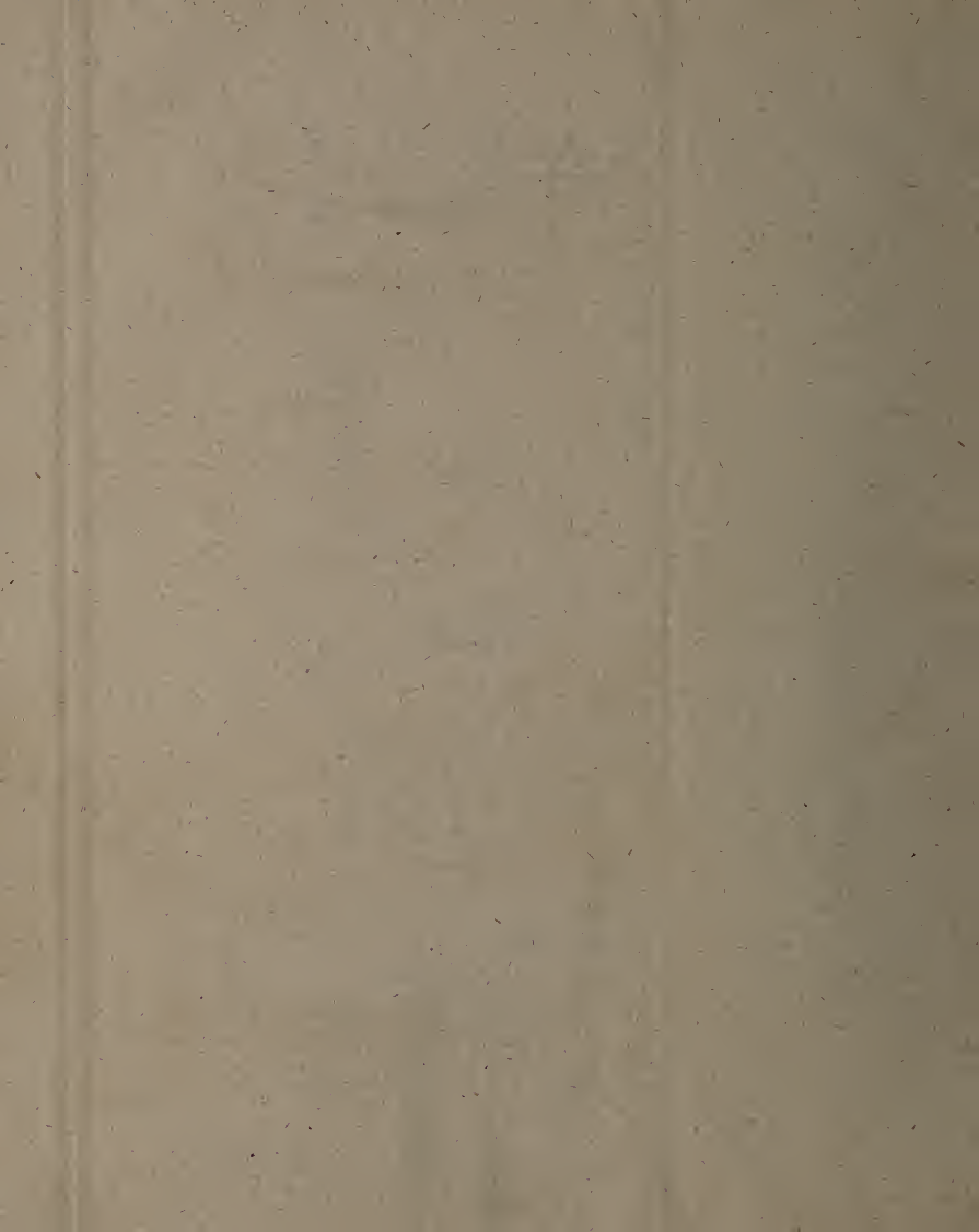




Pl. VI.
Fig. 39.
Fig. 42.
Fig. 46.
Fig. 45.
Fig. 43.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 44.




Pl. VII.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55.
Orange
Gelb
Grün
Blau
Indigo
Violet
Roth



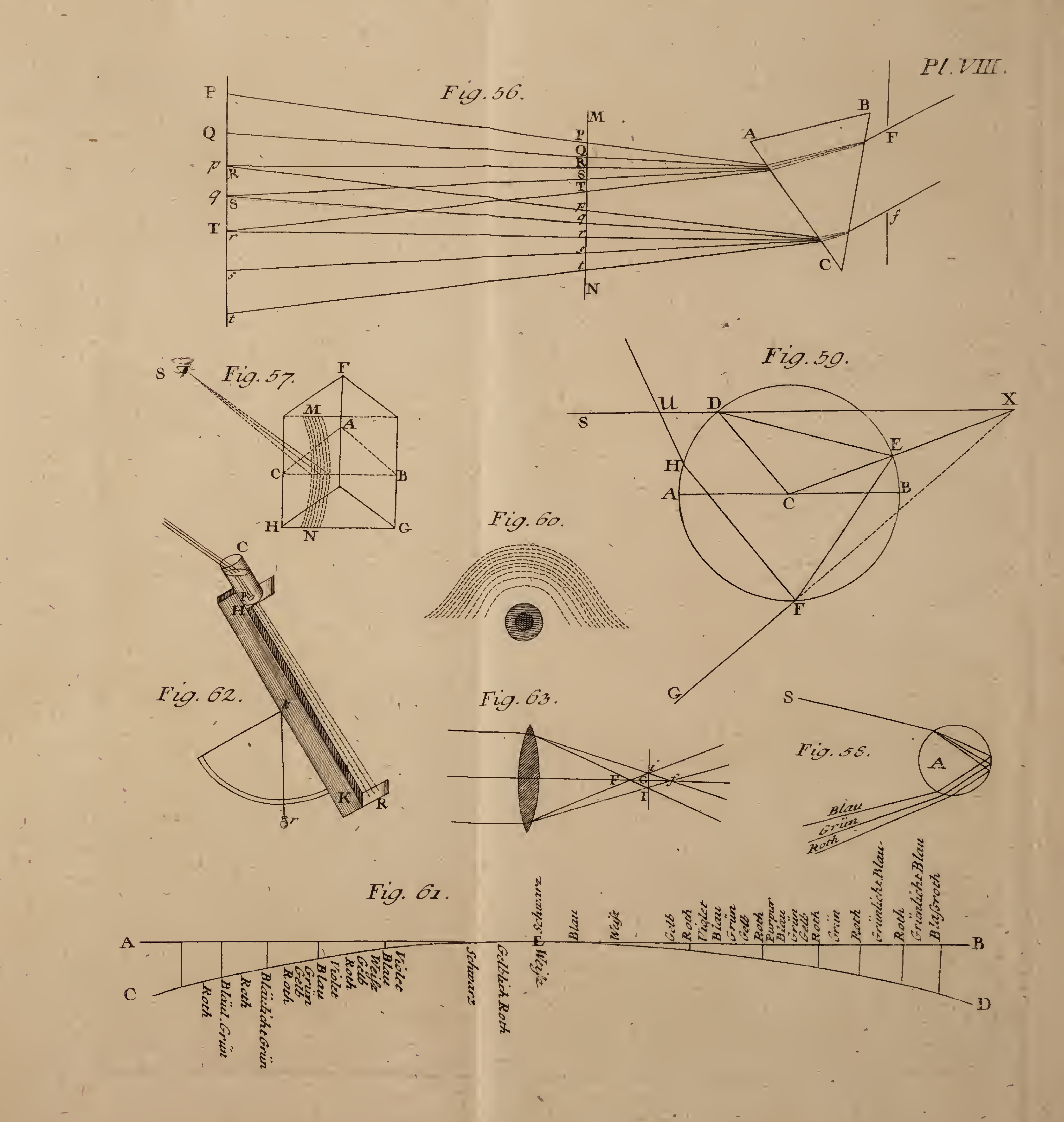

Pl. VIII.
Fig. 56.
Fig. 57.
Fig. 58.
Blau
Grün
Roth
Fig. 59.
Fig. 60.
Fig. 61.
Fig. 62.
Fig. 63.



Fig. 64.

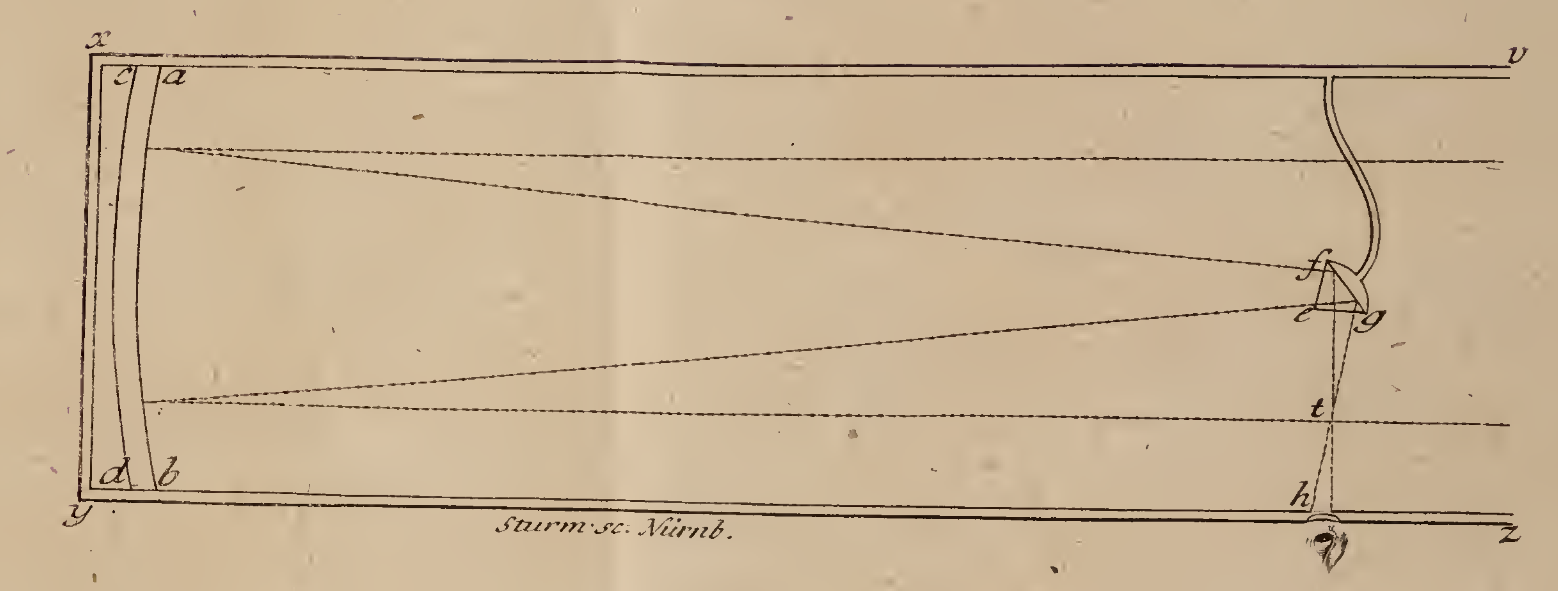


Fig. 65.

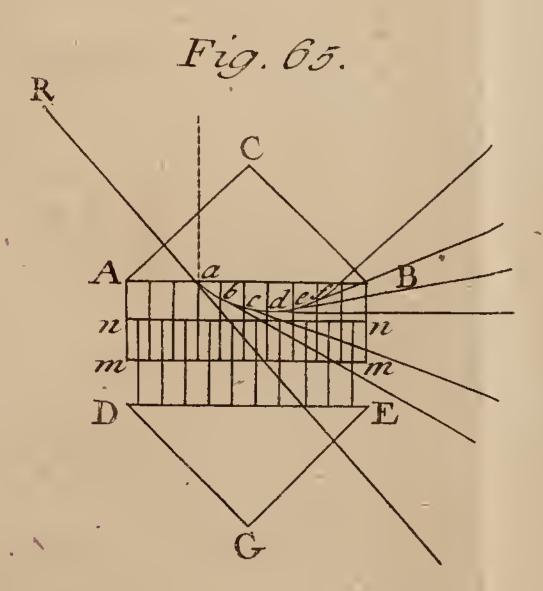
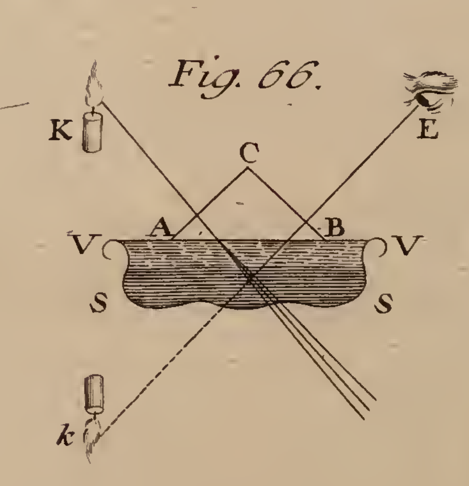
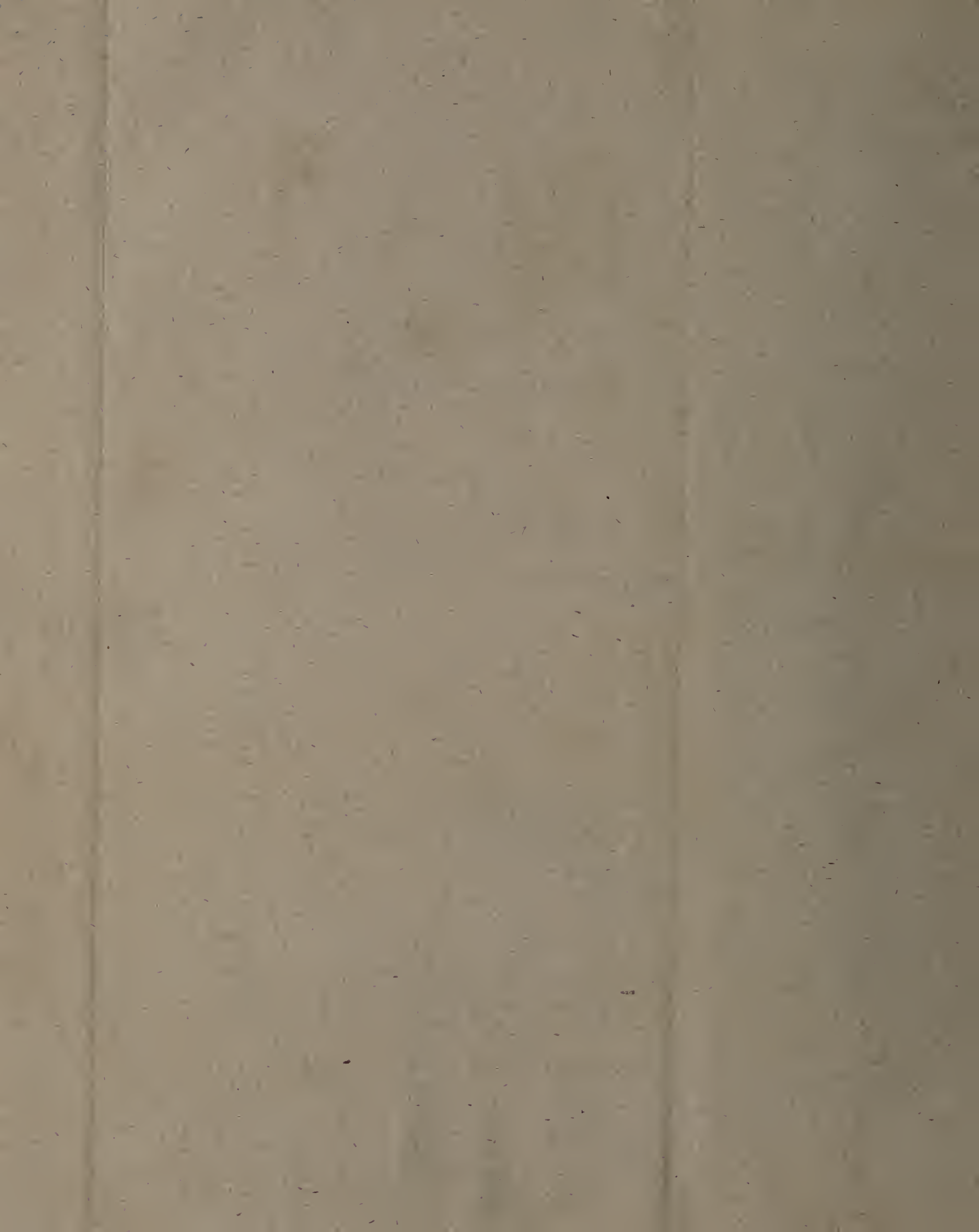
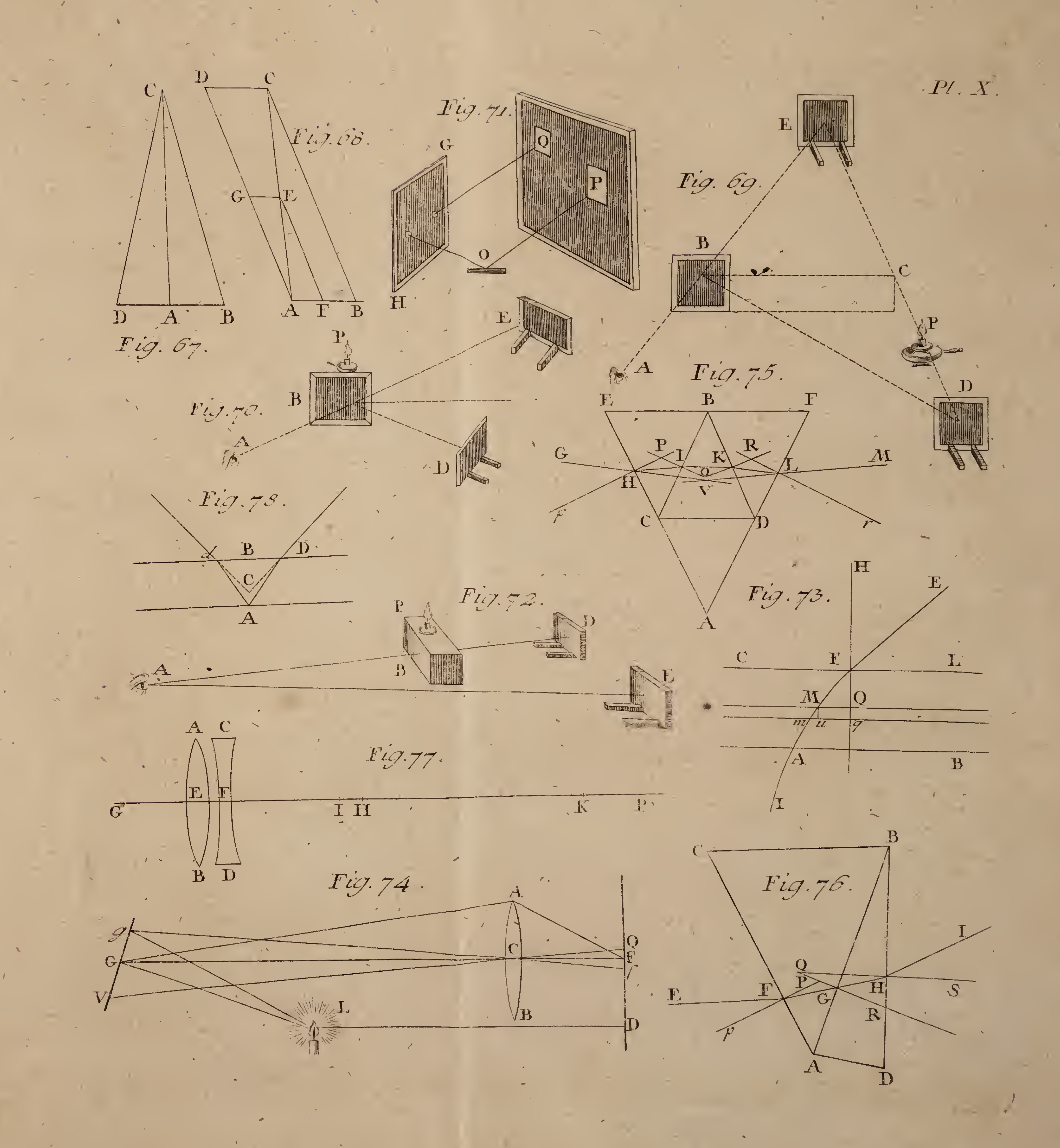


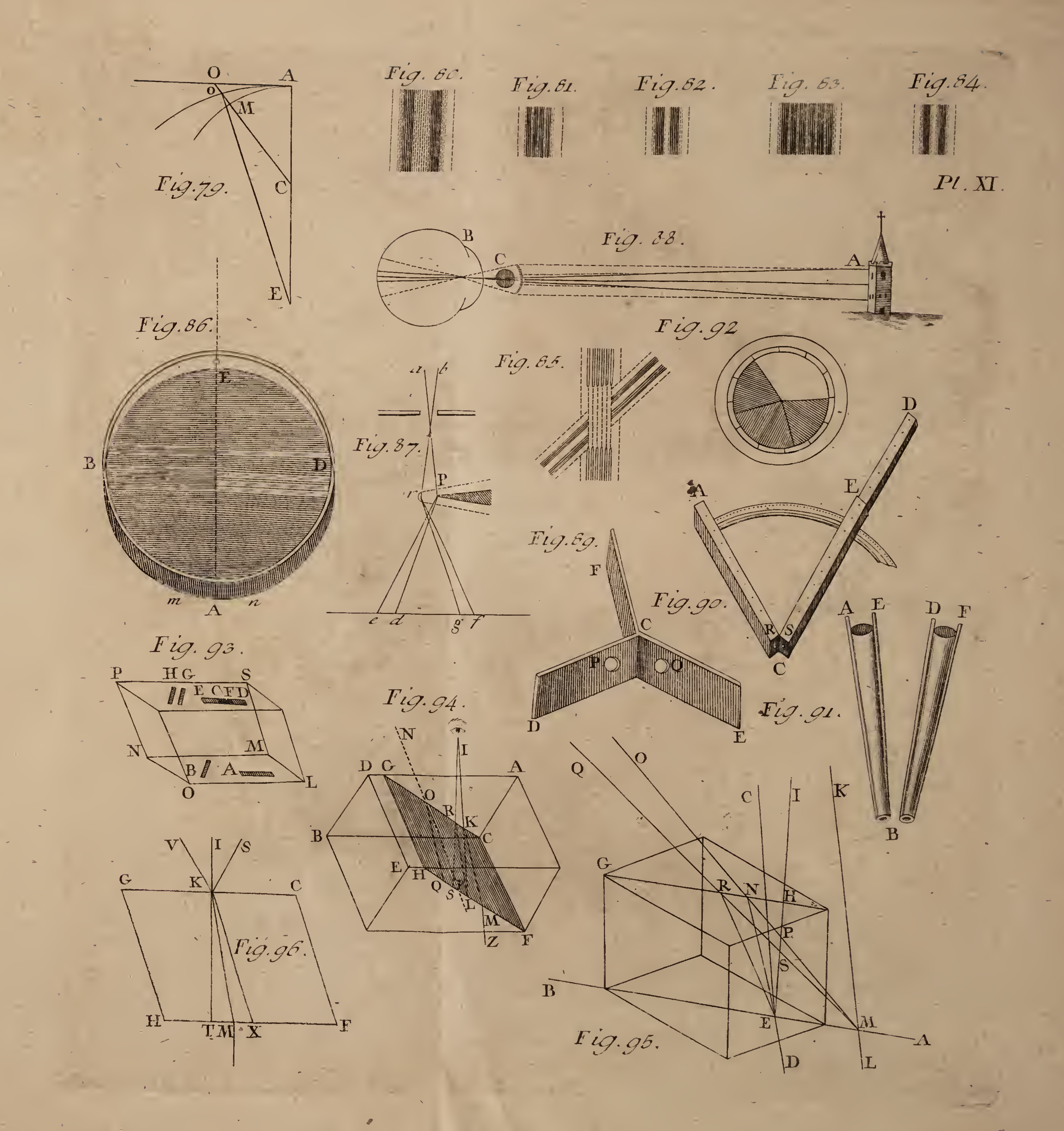
Fig. 66.



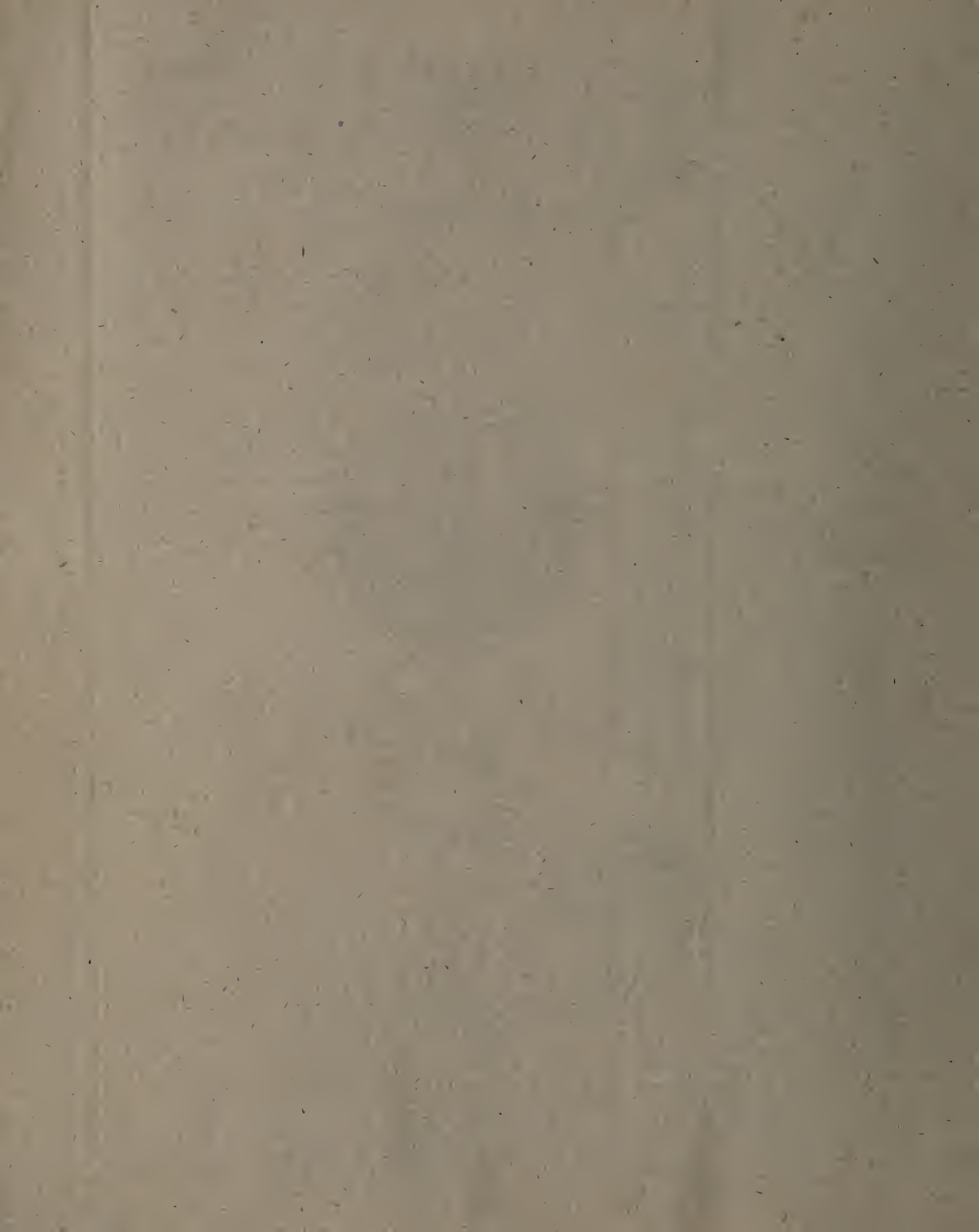


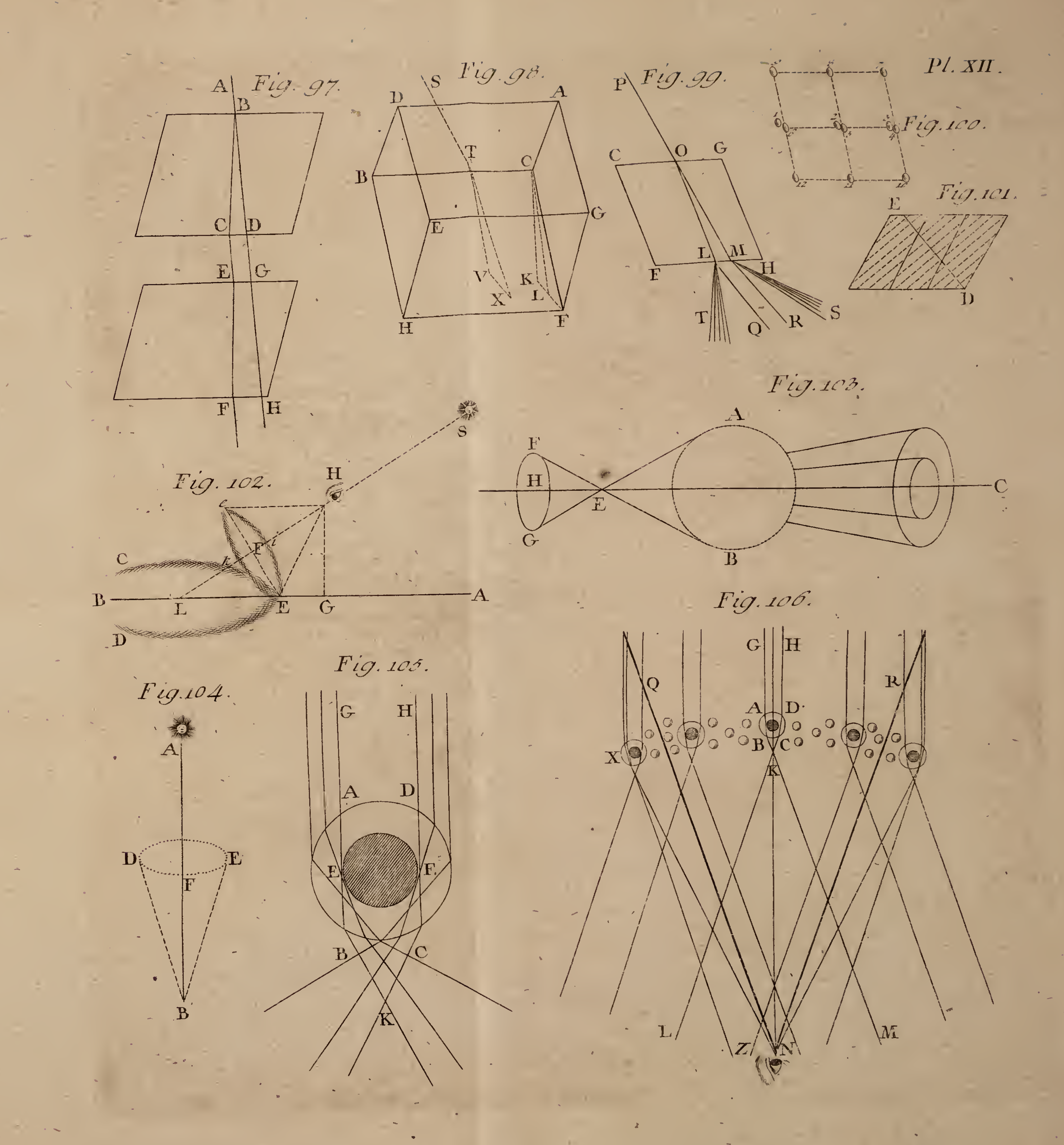

Pl. X.
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70.
Fig. 71.
Fig. 72.
Fig. 73.
Fig. 74.
Fig. 75.
Fig. 76.
Fig. 77.
Fig. 78.

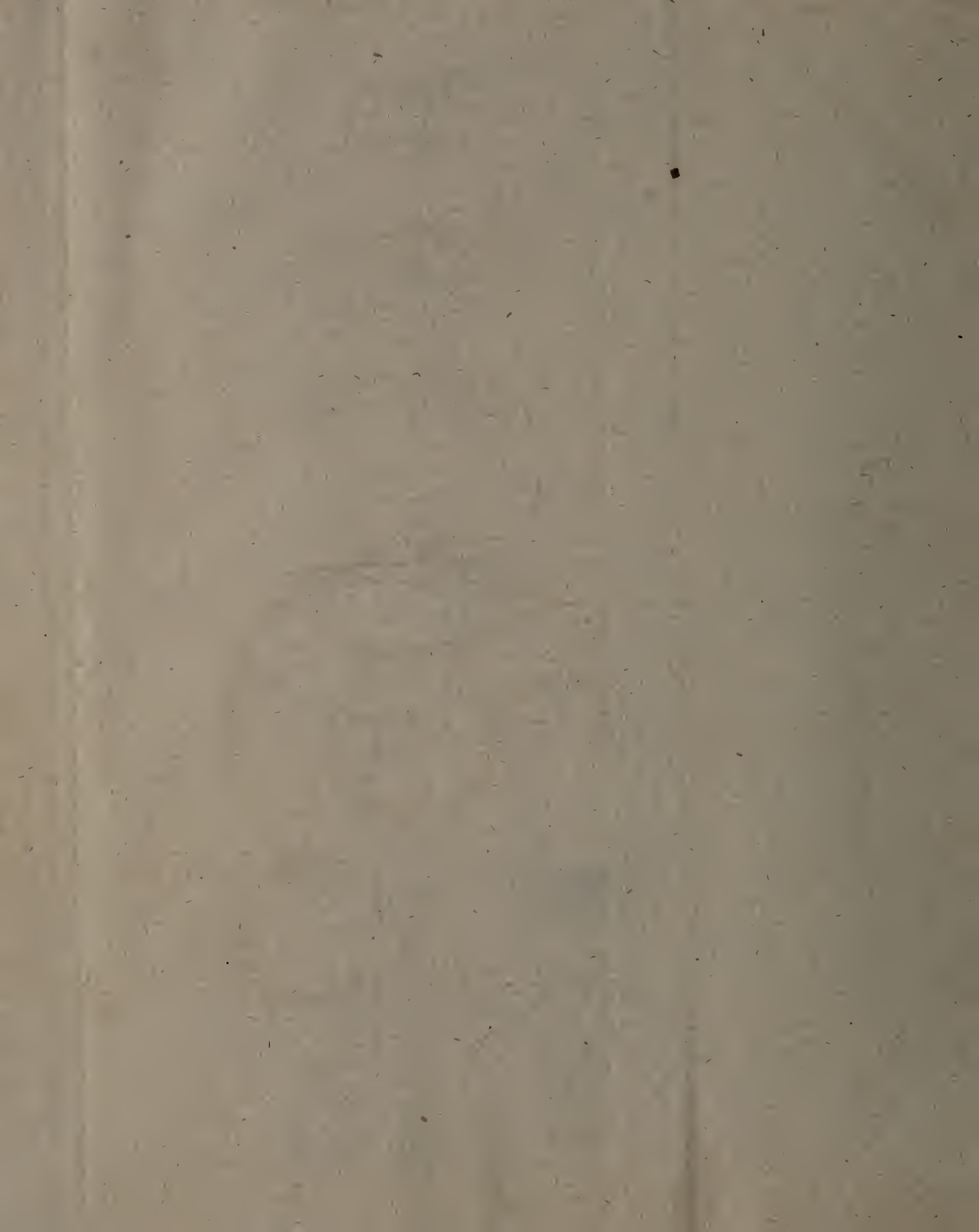


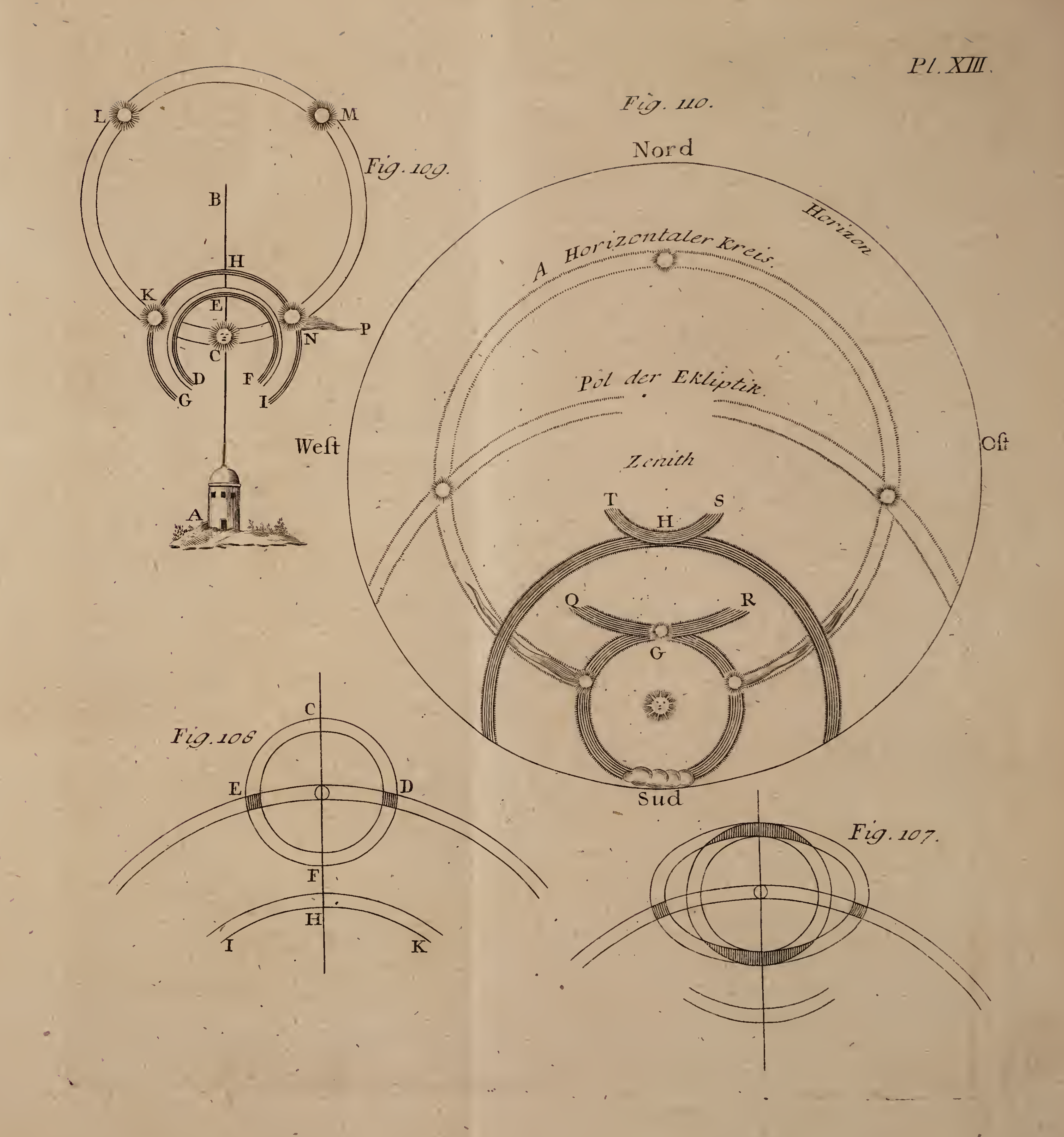


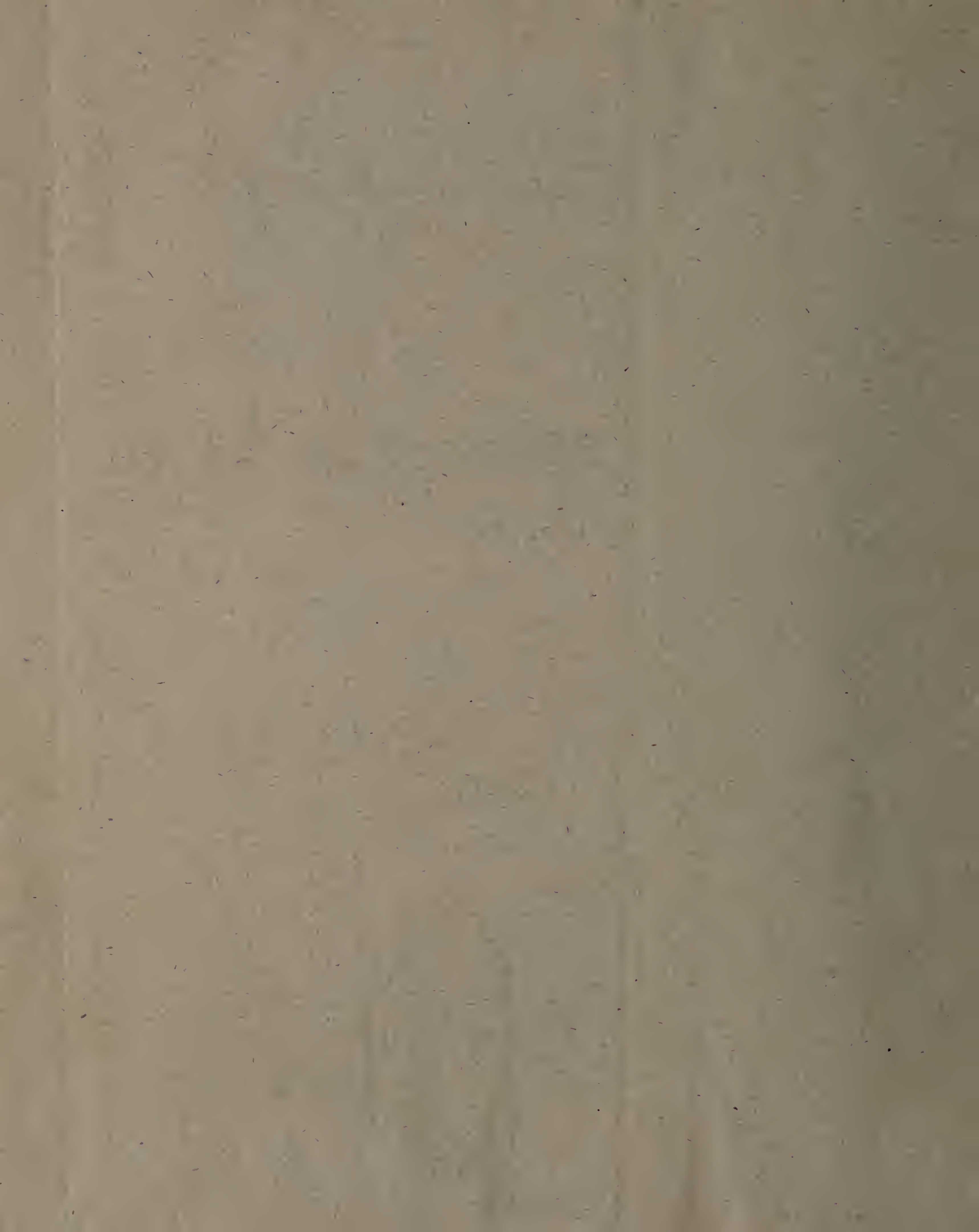
Pl. XI.
Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81.
Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87.
Fig. 88.
Fig. 89.
Fig. 90.
Fig. 91.
Fig. 92
Fig. 93.
Fig. 94.
Fig. 95.
Fig. 96.

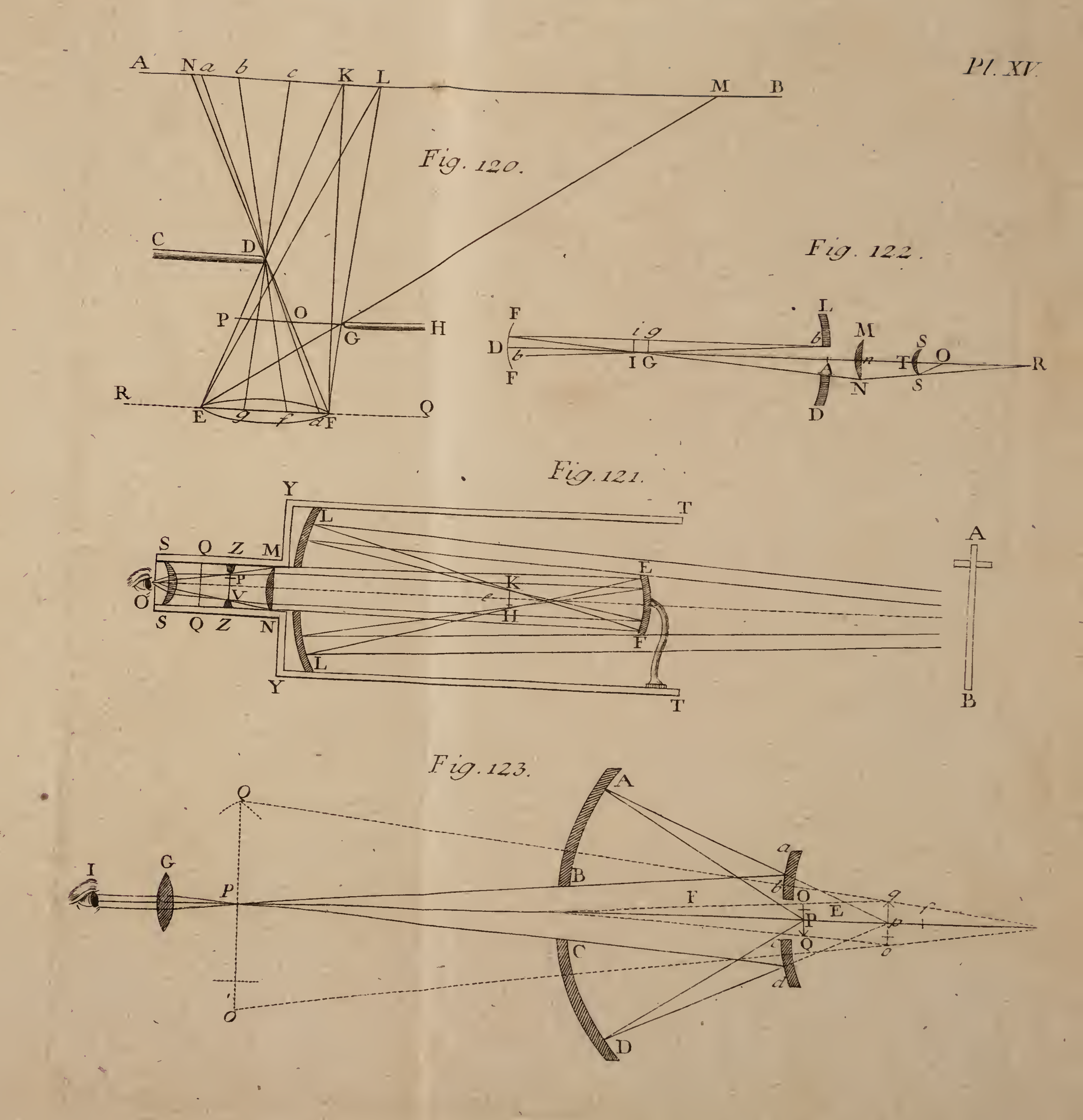


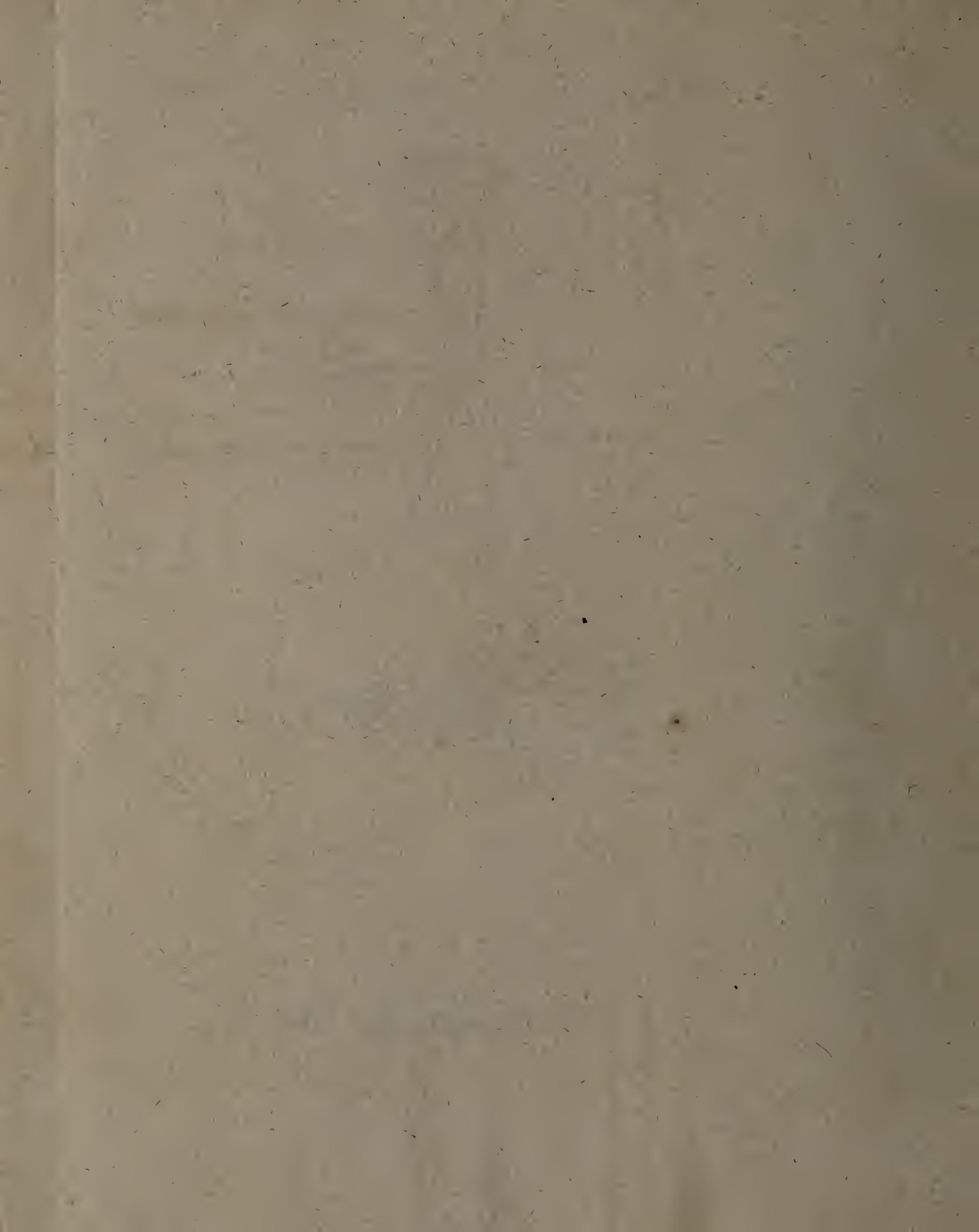

Pl. XII.
Fig. 97.
A
B
C
D
E
G
F
H
Fig. 98.
S
D
A
T
C
B
G
E
V
K
X
L
H
F
Fig. 99.
P
C
O
G
F
L
M
H
T
Q
R
S
Fig. 100.
Fig. 101.
E
D
Fig. 102.
H
S
C
F
B
L
E
G
A
D
Fig. 103.
A
F
H
E
G
B
C
Fig. 104.
A
D
E
F
B
Fig. 105.
G
H
A
D
E
F
B
C
K
Fig. 106.
G
H
Q
R
A
D
X
B
C
K
L
Z
N
M

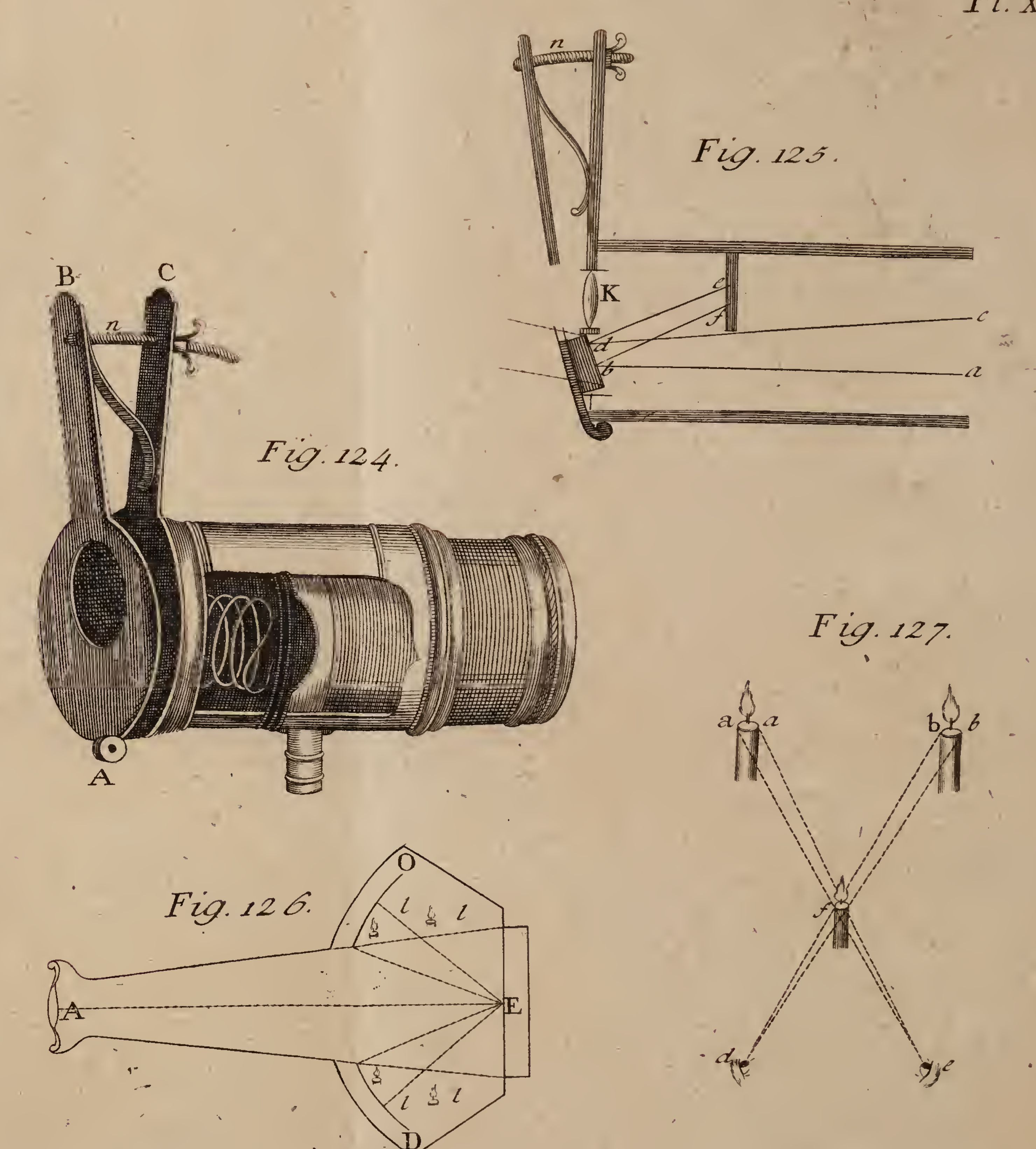



Fig. 110.
Nord
Horizon
A Horizontaler Kreis.
Pol der Ekliptik.
West
Ost
Zenith
T
S
H
Q
R
G
Sud
Fig. 109.
L
M
B
H
K
E
N
P
C
D
F
G
I
A
Fig. 108
C
E
D
F
H
I
K
Fig. 107.




Pl. XV.
Fig. 120.
Fig. 122.
Fig. 121.
Fig. 123.




Fig. 125.
n
K
e
f
c
d
b
a
B
C
n
Fig. 124.
A
Fig. 127.
a
a
b
b
f
d
e
Fig. 126.
O
l
l
A
E
l
l
D

